FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ANNÉE 1938

N° 56

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Mlle BRUNER, JEANNE,
née à Rochefort-sur-Mer, le 7 avril 1907,
Ingénieur-Chimiste I. C. S.,
Assistante temporaire à la Faculté de Médecine
(Institut d'Hydrologie thérapeutique et climatologie).

Contribution à l'étude des actions biologiques de la Lumière en particulier sur le Métabolisme de l'Azote

Président : M. SCHAEFFER, PROFESSEUR.

LONS-LE-SAUNIER
IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE MAURICE DECLUME.
1938

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ANNÉE 1938 N° 56

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Mlle BRUNER, JEANNE,
née à Rochefort-sur-Mer, le 7 avril 1907,
Ingénieur-Chimiste I. C. S.,
Assistante temporaire à la Faculté de Médecine
(Institut d'Hydrologie thérapeutique et climatologie).

Contribution à l'étude des actions biologiques de la Lumière en particulier sur le Métabolisme de l'Azote

Président : M. SCHAEFFER, PROFESSEUR.

LONS-LE-SAUNIER
IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE MAURICE DECLUME.
1938

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

Doyen	MM. FORSTER, ✻, ✪ I
Assesseur	SCHAEFFER, ✻, ✪ I.

Professeurs

Embryologie	MM. ANCEL, ✻, ✪ I.
Anatomie	FORSTER, ✻, ✪ I.
Histologie	BOUIN, O. ✻, ✪ I.
Physiologie	SCHAEFFER, ✻, ✪ I.
Physique biologique	VLES, ✻, ✪ I.
Chimie biologique	NICLOUX, O. ✻, ✪ I
Anatomie pathologique	MASSON, ✻, ✪ I.
Pharmacologie, Médecine expérimentale.	SCHWARTZ, ✪ I.
Hygiène, Bactériologie	OBERLING, ✻, ✪ A.
Médecine légale	SIMONIN, ✻, ✪ A.
Clinique médicale	MERKLEN, ✻, ✪ I. AMBARD, ✻, ✪ I.
Clinique chirurgicale	LERICHE O. ✻, ✪ I. N...
Clinique ophtalmologique	REDSLOB, ✻, ✪ I.
Clinique dermatologique	PAUTRIER, O. ✻, ✪ I.
Clinique psychiatrique	PFERSDORFF, ✻, ✪ I.
Clinique neurologique	BARRE, ✻, ✪ I
Clinique gynécologique et accouchements	REEB, ✪ I.
Clinique infantile	ROHMER, ✻, ✪ I.
Clinique oto-rhino-laryngologique	CANUYT, ✻, ✪ I.
Hydrologie thérapeutique et climatologie.	VAUCHER, ✻, ✪ I.

Professeurs sans chaire :

MM. ARON Max, ✻, ✪ I.
BELLOCQ, ✪ I.
M. GERY, ✪ I.

Chargés de cours et Agrégés :

MM. BENOIT, ✪ A.
FONTAINE, ✪ A.
GELMA, ✻, ✪ I.
GUNSETT, O. ✻, ✪ I.
HANNS, O. ✻, ✪ I.
HUMBERT, ✻, ✪ A.
KAYSER, ✪ A.
MM. KELLER, ✪ I.
KREIS, ✪ A.
REISS, ✪ A.
THIVOLLE, ✪ I.
WAITZ.
WEISS A, ✻, ✪ A.
WOLF, ✪ A.

R.UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Agrégé libre : M. SIMON, ✻, ✪ A.

Directeur de la clinique dentaire : M. ROMEY, O. ✻, ✪ A.

Chargés d'un cours complémentaire :

MM. MEYER, M. ✪ A., ROEDERER, ✪ I.

Professeurs honoraires :

M. WEILL, ✻, ✪ I.
M. CHAVIGNY C, ✻, ✪ I.
M. STOLZ, ✻, ✪ I.

Serment d'Hippocrate.

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Etre suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis resté fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

A MES PARENTS

en témoignage de profonde affection et de reconnaissance.

A MON FRÈRE

À LA MÉMOIRE DU PROFESSEUR PAUL BLUM

PROFESSEUR D'HYDROLOGIE THÉRAPEUTIQUE ET CLIMATOLOGIE
A LA FACULTÉ DE MÉDECINE

qui nous a encouragée au début de nos études médicales et qui a guidé nos premiers pas dans l'étude de l'Hydrologie.

À LA MÉMOIRE DE NOTRE CHER MAÎTRE GEORGES FONTÈS

PROFESSEUR D'HYDROLOGIE THÉRAPEUTIQUE ET CLIMATOLOGIE
A LA FACULTÉ DE MÉDECINE

qui nous a inspiré le sujet de ce travail, dont l'enseignement brillant nous fut précieux.

Pendant le temps trop court où nous avons eu l'honneur et la joie de travailler sous sa direction, il nous a appris, en même temps que ses techniques personnelles, ce qu'était un travail consciencieux, probe, la prudence dans l'interprétation des résultats expérimentaux. Son enseignement a marqué une empreinte profonde dans notre esprit.

En même temps qu'un Maître bienveillant, c'est un Ami qu'il fût pour nous ; son souvenir ému et la reconnaissance que nous lui portons resteront en nous, impérissables.

A Monsieur le Professeur SCHAEFFER

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

qui nous a fait le très grand honneur de bien vouloir accepter de présider notre Jury de Thèse.

Qu'il soit assuré de notre profonde gratitude pour la bienveillance qu'il nous a toujours témoignée, pour les conseils éclairés qu'il nous a prodigués et qu'il nous prodigue encore et aussi, qu'il nous permette de le lui dire, de notre respectueux attachement.

A NOTRE MAÎTRE MONSIEUR LE PROFESSEUR MERKLEN

PROFESSEUR DE CLINIQUE MÉDICALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DIRECTEUR DE LA CLINIQUE MÉDICALE A
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

nous voudrions qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude, pour la grande part qu'il a prise dans notre formation médicale et de notre reconnaissance pour l'intérêt et la sollicitude dont il a toujours fait preuve à notre égard.

A notre Maître Monsieur le Professeur VAUCHER

PROFESSEUR D'HYDROLOGIE THÉRAPEUTIQUE ET CLIMATOLOGIE
A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

Nous le remercions de sa bienveillance et de la confiance qu'il a mise en nous ; nous espérons nous en rendre digne et que notre collaboration sera féconde en résultats.

A Monsieur le Docteur P. REISS

PROFESSEUR AGRÉGÉ DE PHYSIQUE BIOLOGIQUE

qui n'a jamais cessé de m'aider par ses conseils ou sa collaboration. Qu'il soit assuré de ma gratitude et de ma déférente amitié.

A Monsieur le Professeur VLÈS

PROFESSEUR DE PHYSIQUE BIOLOGIQUE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

qui, avec tant de bienveillance, nous accueillit, jeune débutante, dans son laboratoire et nous a initiée à la recherche scientifique, qui a été pour nous un lien entre la Faculté des Sciences et la Faculté de Médecine

en hommage de profonde et respectueuse reconnaissance.

Nous remercions très chaleureusement

Mademoiselle E. LE BRETON

CHEF DE TRAVAUX A LA FACULTÉ DE MÉDECINE

de ses précieux conseils pour la rédaction et la présentation de ce travail et nous l'assurons de nos sentiments de respectueuse et profonde sympathie.

A MON CHER MAÎTRE ET AMI

Monsieur le Docteur THIVOLLE

PROFESSEUR AGRÉGÉ DE CHIMIE BIOLOGIQUE

en qui j'ai toujours trouvé un guide éclairé et bienveillant

en témoignage de profonde amitié.

A NOS MAITRES DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

A NOS MAITRES DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

A MA FAMILLE

A MES AMIS

INTRODUCTION.

Aussi loin que remontent nos connaissances sur les idées et les mœurs des peuples anciens, nous y voyons la place toute particulière qu'ont occupée le soleil et la lumière.

Frappés par la vue du soleil, de sa lumière, de sa chaleur, les peuples antiques en avaient fait un dieu et, souvent, le premier des dieux. Il est intéressant de parcourir la mythologie et l'Histoire ancienne pour connaître leurs croyances à ce sujet.

Pour les *Egyptiens* le soleil était le dieu le plus estimé, il était adoré sous des noms différents suivant les époques de l'histoire de ce peuple et parfois, en même temps, sous la forme d'un dieu double. Amenophis IV a tenté un essai de monothéisme ; il conserva comme seul dieu celui qu'il considérait comme le plus important de tous : le soleil, bannissant les autres du temple. Ceux-ci prirent d'ailleurs une éclatante revanche après sa mort.

Le Pharaon était considéré comme le Fils du dieu Soleil. Son nom même contient le mot *Ra* qui signifie *Soleil.* Les Egyptiens élevèrent des temples au soleil, des obélisques comme à Memphis ; une ville entière, Héliopolis lui était même consacrée.

Chez les *Assyriens* et les *Babyloniens* c'étaient plusieurs dieux qui représentaient le soleil, chacun d'eux ayant une attribution propre : Mardouk, dieu des Sources de la Vie, père de Nabou, dieu des moissons, Gaula, Dame de la Vie et de la Mort, Patronne des Médecins et d'autres encore, dispensateurs de la santé, protégeant contre la peste.

Les *Phéniciens,* les *Perses* avaient respectivement

Baal, dieu guérisseur et Ormuszd, dieu de la lumière et de la bonté.

Au *Japon* le Mikado était une incarnation de la déesse du soleil.

Mais plus intéressant encore est son culte chez les *Grecs* et chez les *Romains* car là, à côté des sentiments religieux, étaient déjà exprimées des notions sur l'utilisation pratique du soleil et de la lumière, qui ont été, avec l'eau les premiers « médicaments » de la thérapeutique.

Chez les *Grecs* Hélios, dieu du soleil, représenté dans l'art par un disque est le dieu guérisseur, symbole de la vie ; à l'époque classique son culte se confond avec celui d'Apollon ; vers lui montait une prière quotidienne matinale et on lui offrait des dons ; cheval blanc ou miel. Il était le père du malheureux Phaéton qui fut frappé de la foudre de Zeus pour avoir voulu, à son insu conduire le char du soleil et risqua de mettre ainsi le feu à la terre tout entière.

A *Rome* le culte du soleil est très ancien ; un jour de l'année lui est consacré ; le dieu Sol venait immédiatement après Jupiter. Aesculape, dieu de la Médecine est le fils du dieu de la lumière Phaebus Apollo : dans ses temples il y avait des hôpitaux où on soignait les malades par des prières ; certaines galeries s'ouvraient vers le sud, on y exposait probablement les malades au soleil.

Les vieux *Germains* avaient aussi un dieu Wotan Odin qui était le soleil. On lui vouait les enfants malades, on lui dédiait des hôpitaux construits sur des montagnes ; sur ces « montagnes de santé » (Heilberg) poussaient aussi des plantes utilisées en thérapeutique.

Un culte lui était encore rendu par les Arméniens, les Slaves, les Hindous, les Incas et sans doute, d'autres encore.

Au point de vue thérapeutique il faut remonter jusqu'à Hérodote pour trouver la première « observation » sur l'action de la lumière. Il remarque que la dureté des

crânes des soldats tués à la bataille de Péluse (525 av. J.-C.) est très différente suivant qu'il s'agit d'un Persan ou d'un Egyptien : le crâne d'un Persan, très fragile, se brise facilement, celui d'un Egyptien est très dur. On l'expliquait alors par le fait que les Egyptiens ont le crâne rasé dès l'enfance et qu'il se durcit au soleil, tandis que les Persans sont protégés de ses rayons par les tiares qu'ils portent.

Hippocrate recommande le soleil dans le traitement de l'obésité, dans les blessures, les fractures ouvertes, le tétanos.

Oribasios qui vivait à Rome au IIe siècle avant J.-C. précise déjà les règles de l'héliothérapie « Le soleil est particulièrement nécessaire aux gens qui ont *besoin de reconstituer et de fortifier leur musculature.* Toutefois, on doit se protéger contre les rayons qui sont tamisés par les nuages. On doit prendre aussi des précautions pour qu'en hiver, au printemps et en automne, le soleil frappe directement les malades. Au cours de l'été il faut éviter cette manière de faire s'il s'agit de personnes faibles. Leur tête doit être couverte pendant la cure ».

Un chirurgien grec Antyllos (vers 150 av. J.-C.) donne aussi d'intéressantes précisions sur la cure solaire de son temps « Plusieurs s'exposent au soleil, les uns après s'être graissé la peau, les autres sans onction, les uns couchés ou assis, les autres debout ou en se promenant. Chez ceux qui sont couchés, soit qu'ils reposent sur un coussin, une fourrure ou sur du sable, et n'ont pas oint leur peau, la chaleur du soleil produit une forte transpiration, empêche l'augmentation du poids du corps, *fortifie les muscles,* fait disparaître la graisse et diminue les enflures surtout chez les hydropiques. La respiration devient plus rapide et plus active. Ceux qui ont le souffle court en sont soulagés, de même que ceux qui respirent avec la nuque tendue ; ceux qui souffrent de fatigue et de maux de tête s'améliorent car ils s'endurcissent contre ces maladies. Mais il faut d'abord évacuer le ventre, car

la chaleur du soleil est nuisible pour la tête si l'intestin n'a pas été évacué auparavant ».

Cette courte revue de l'histoire ancienne de l'héliothérapie ne nous incite pas à être trop fiers de nos connaissances actuelles, comme d'ailleurs dans d'autres branches de la Science descriptive. Comme l'écrit La Bruyère dans les Caractères « Tout est dit, et l'on vient trop tard depuis plus de 7000 ans qu'il y a des hommes et qui pensent ».

Les recherches actuelles tendent à préciser les faits déjà connus et observés par les anciens, à l'aide de procédés modernes, méthodes physico-chimiques, chimiques, expérimentales et à expliquer leur mécanisme.

Rôles de la lumière en biologie, en pathologie et en thérapeutique.

La lumière a une importance énorme en biologie : sans elle on peut dire que toute vie serait impossible : l'Homme a besoin, pour se nourrir des animaux et des plantes et ces animaux, pour vivre, sont tributaires des synthèses qu'effectuent les plantes et qu'eux-mêmes seraient incapables de faire. Ils modifient ensuite les produits végétaux pour les adapter aux besoins de leur organisme. Sans lumière il n'y aurait pas de synthèse d'amidon, d'acides aminés tels que le tryptophane et l'histidine indispensables au maintien du poids et à l'hématopoièse, de lysine indispensable à la croissance, de cystine dont le rôle est important dans les oxydations. Enfin comme on le verra plus bas le règne végétal a encore le rôle de maintenir, autour du globe, une atmosphère favorable à la vie, et ceci lui est possible grâce à la lumière.

I. Rôle de la lumière dans le règne végétal.

La lumière joue un rôle capital dans le règne végétal ; les plantes s'étiolent à l'obscurité ; la lumière est indispensable à leurs synthèses, au moins chez les plantes supérieures ; elle joue un rôle par exemple dans leur croissance, la différenciation cellulaire, la transpiration.

L'épanouissement des fleurs dépend de la lumière, comme l'a montré Linné avec son horloge florale, dont chaque groupe de fleurs s'ouvrait à une heure donnée. La lumière naturelle peut d'ailleurs souvent être remplacée par la lumière artificielle ; on a pu ainsi obtenir

des primeurs par un éclairement convenable des plantes.

La lumière accroît la pousse d'une tige jusqu'à une certaine valeur puis la diminue au-delà. Elle provoque des incurvations des tiges par phototropisme.

La saveur des fruits, le parfum des fleurs dépendent aussi de la luminosité ; la saveur du Céleri, du Raifort, le parfum de la Menthe, de la Lavande sont plus prononcés dans les pays lumineux du Midi de la France qu'en Angleterre. Des Fraises cultivées dans une serre aux verres rouges sont plus parfumées que d'autres, cultivées de façon identique, mais dans des serres en verres ordinaires.

La lumière a de l'influence sur la pigmentation des fruits, des fleurs ; on peut empêcher la coloration d'un fruit en l'entourant d'un sac de papier opaque ; du Lilas mauve, cultivé dans une serre reste blanc, seuls les rameaux qui sortent sont mauves. Flammarion a pu modifier la couleur de plantes, fleurs ou feuilles, en les cultivant dans des serres à verres colorés ou sous des cloches en verre de couleur.

Mais le pigment le plus intéressant est, certes, la *chlorophylle*. Pigment produit par des organes spéciaux les chloroleucites, ayant une composition chimique analogue à celle des organo-magnésiens de Grignard ; cette substance à l'état de xanthophylle à l'obscurité devient verte sous l'influence d'une lumière modérée et surtout des radiations voisines du jaune. Sous l'influence de la lumière et par l'intermédiaire de cette substance le Carbone est fixé, la plante opère de nombreuses synthèses, souvent très compliquées et de l'oxygène est libéré.

Pendant l'ère Carbonifère, l'atmosphère entourant notre globe était irrespirable pour des animaux, trop riche en gaz carbonique, mais grâce à la luxuriance de la végétation, peu à peu le carbone a été fixé et de l'oxygène libéré. Les premiers animaux qui existèrent étaient très différents de ceux de notre époque ; les oiseaux et insectes fossiles que nous connaissons ont une très grande

taille ; ils ne pourraient pas voler actuellement mais le faisaient à cette époque, grâce à la forte densité de l'air.

Actuellement les plantes assurent encore le ravitaillement en oxygène, dont les réserves seraient, sans elles, vite épuisées, par les combustions des animaux, des foyers, des usines, par le gaz carbonique émané des volcans, des sources thermales.

En même temps que du Carbone, de l'azote et du phosphore sont aussi fixés sous forme de produits très nombreux. La lumière transforme les nitrates en sels ammoniacaux au niveau des feuilles vertes.

II. — Rôle de la lumière dans le règne animal.

Action sur le mouvement.

Certains animaux sont attirés par la lumière ou présentent, sous son influence, une grande activité, tels les Araignées, des Papillons ; certains d'entre eux s'agitent particulièrement dans le bleu ; au contraire, les Vers de terre semblent rechercher le rouge. Les Oiseaux migrateurs sont attirés par la vue des phares, les Poissons par la lueur des torches.

D'autres animaux, au contraire, la fuient, comme les Protées, des Salamandres aveugles ; des Actinies, insolées, se referment. En pathologie humaine on connaît la photophobie, symptôme de certaines affections générales, nerveuses ou oculaires.

Influence de la lumière sur la coloration.

En 1834, Milne-Edwards a montré que les changements de couleur du Caméléon sont dûs au déplacement de cellules pigmentaires spéciales, les chromatophores ; les lumières bleue et violette sont les plus actives. Cette action pourrait se faire par l'intermédiaire de l'œil :

si on énuclée un œil d'un côté, l'action de la lumière est moins grande que du côté opposé. Brown-Séquard a constaté une irritabilité de l'iris à la lumière, sur un œil énucléé de Grenouille ou d'Anguille, qui a duré plusieurs jours. Il y a donc des fibres de muscles lisses directement sensibles à l'influence de la lumière.

La couleur pourpre, bien connue des anciens, extraite du Murex, prend sa couleur sous l'influence de la lumière ; une étoffe de laine sur laquelle on l'étend vire au jaune-citron, puis au vert-jaune, au vert et enfin au violet-pourpre. Ce virage est d'autant plus rapide, et la teinte est d'autant plus foncée que la lumière est plus intense.

Le dos des animaux terrestres, ou des poissons, est habituellement plus coloré que le ventre, ceci est encore dû à l'influence de la lumière.

Au contraire, l'érythropsine ou pourpre rétinien est décomposé par la lumière. Si on sacrifie une Grenouille ou un Lapin, devant une fenêtre très éclairée et qu'on immerge le globe oculaire dans une solution d'alun, on a un optogramme, représentant l'image de la fenêtre.

Rôle de la lumière sur la croissance des animaux. Le Rachitisme.

Des expériences assez nombreuses ont été faites sur la croissance des animaux et sur ses variations sous l'influence de la lumière.

Yung a expérimenté sur des Grenouilles : il constate que les radiations violettes excitent la croissance, que les vertes la ralentissent. Il en est de même chez un poisson (*Lotigo vulgaris*).

Leredde et Pautrier ont étudié le même problème chez des têtards de *Rana temporaria* : Sur trois têtards élevés dans un aquarium de verre rouge qui vivent encore après un mois, deux respirent encore par les branchies, le troisième respire par les poumons et a des rudiments

de membres. En lumière bleue, les têtards respirent tous par les poumons, et ont les pattes formées.

De même ces auteurs ont vu que le nombre des cellules épithéliales en Karyocinèse dans la queue du Triton est plus grande en lumière bleue (1 pour 79) qu'en lumière rouge (1 pour 186).

Mellamby a montré qu'en donnant à des rats en croissance un régime purifié, contenant seulement les vitamines A, B, C, on fait apparaître chez eux des lésions osseuses.

Pappenheimer, Mme Randoin et Lecoq ont mis au point des régimes donnant de tels résultats. Voici la composition d'un de ces régimes, donnée par Mme Randoin et Lecoq :

Peptone de viande	17 gr.
Levure de bière sèche, pulvérisée.	3
Graisse de beurre	5
Huile d'olive	5
Saccharose	65
Mélange salin Z 84 de Pappenheimer.	4
Lactate de chaux	1

On leur donne de plus du papier-filtre et de l'eau à volonté.

Après 20-40 jours de ce régime, suivant la taille de l'animal, on constate des lésions osseuses : élargissement du cartilage de prolifération à la partie supérieure du tibia, aplatissement du thorax, cyphose, fractures spontanées ; histologiquement on constate que le tissu cartilagineux est anormal, vascularisé fortement ; le cartilage sérié n'existe plus ; il y a calcification des travées cartilagineuses ; il n'y a pas formation de tissu osseux normal. Ces lésions sont analogues à celles du rachitisme humain.

De nombreux auteurs ont montré, en mettant des animaux à un régime rachitigène, à l'obscurité, puis en faisant subir à certains d'entre eux des séances d'irradiation ou d'héliothérapie, les autres servant de témoins, que ce traitement améliore les lésions rachitiques, ou les pré-

vient, et compense la carence en vitamine D. Le résultat de l'irradiation est donc le même que celui de l'adjonction à l'alimentation d'une substance riche en vitamine D, par exemple, l'huile de foie de morue. On a constaté que l'os malade a une teneur en Phosphore et en Calcium diminuée, et on pense que la vitamine interviendrait lorsque le rapport du Calcium au Phosphore est déséquilibré dans l'alimentation. C'est dans la peau que se formerait la vitamine D, par l'action de radiations de longueurs d'onde convenables, dans des conditions déterminées, en particulier quant à la durée, sur des stérols et en particulier l'ergostérol.

Action de la lumière sur les microbes.

Pasteur et Miquel ont trouvé que les eaux des rivières contiennent moins de microbes pendant le jour que pendant la nuit. Le minimum de microbes des eaux du lac de Genève ou de la Tamise se trouve en juin-juillet. Les rayons ultra-violets dont la lumière naturelle contient une certaine proportion, sont un moyen de stérilisation de l'eau. Des expériences ont montré en effet que les microbes ne poussent pas sur des milieux exposés aux radiations violettes ou ultra-violettes. En ajoutant un sensibilisateur tel que le violet de méthyle on a un pouvoir bactéricide dans les autres parties du spectre également.

Lumière et Becquerel se basant sur les effets nocifs des rayons lumineux, en particulier de l'ultra-violet sur les microbes et les protozoaires réfutent les théories de la Panspermie, des Cosmozoaires d'Arrhénius, suivant lesquelles la vie, sur la terre, aurait une origine étrangère et proviendrait de germes vivants interplanétaires, attirés par les astres obscurs. D'après ces auteurs, de tels germes, s'ils existaient, seraient détruits par les rayons réfrangibles très nombreux dans les espaces intersidéraux, car ils n'ont pas encore été arrêtés par l'atmosphère.

III. — Rôle de la lumière chez l'homme.

Action de la lumière sur la peau. Pigmentation.

Après l'irradiation il se produit un érythème, la peau devient rouge, chaude, oedèmateuse, les vaisseaux sont dilatés, puis, quelques jours après, l'oedème disparaît et la peau se pigmente. L'exagération de ce phénomène est le « coup de soleil » avec des brûlures qui peuvent être graves, soit par leur étendue, soit par leur situation.

Pour une durée et une dose de rayonnement déterminés, les résultats sont différents suivant les individus, certains se pigmentent beaucoup plus que d'autres, et chez un même individu ils diffèrent suivant la région irradiée. La pigmentation dépend aussi de l'âge de l'individu.

Rôle de la pigmentation.

Pour Rollier, le pigment a un rôle très complexe, il serait un élément de défense contre les rayons irritants ; les mélanines ont un grand pouvoir d'absorption pour les rayons U. V. analogue à celui du sulfate de quinine.

Il jouerait encore un rôle dans la défense thermique, la peau pigmentée ayant une plus forte sudation.

La peau pigmentée conserve pendant longtemps une augmentation de la capacité pigmentogène, même sans nouvelles irradiations, et reste longtemps de teinte modifiée. Elle offrirait une grande résistance aux agents physiques en particulier au froid, et résisterait mieux aux infections et aux dermatoses.

« La résistance d'un malade, et la rapidité de sa guérison, sont généralement proportionnelles aux possibilités de réaction pigmentaire de la peau. Hippocrate en était, sans doute, déjà convaincu, lorsqu'il affirmait que le pronostic de la phtisie était particulièrement grave chez les « blonds vénitiens » dont la peau ne se pigmente pas (Rollier).

Mais ceci est loin d'être l'opinion générale ; pour Brody, au contraire, la pigmentation n'est qu'un épiphénomène et non la cause de la guérison.

« L'expérience prouve qu'une cure prolongée provoque souvent une pigmentation trop forte et une accoutumance au remède solaire qui constituent fréquemment des obstacles au progrès de la guérison quand elles ne l'empêchent pas ».

« Si cliniquement nous avons relevé que l'intensité de la pigmentation croissait en même temps que s'améliorait l'état des malades, par contre, nous avons publié de nombreuses observations de forte pigmentation manifeste, sans amélioration et, inversement, de guérison sans pigmentation ainsi que de nombreux cas où un arrêt de l'amélioration correspond à une prolongation de la cure » (Brody). Les blonds, qui se pigmentent en général moins que les bruns, guérissent quand même. Chez certains malades, une forte pigmentation subite est d'un mauvais pronostic.

En se basant sur ses observations personnelles, il a, contrairement à d'autres qui préconisent une longue exposition au soleil, établi les règles de l'héliothérapie de la façon suivante :

1. Périodes d'insolation de courte durée (au maximum une heure par jour (à Grasse) ;

2. Cures discontinues, pour dépigmenter et désaccoutumer le malade, qui reste, dans ces conditions, sensibilisé à la lumière et s'améliore plus rapidement.

Le mécanisme de formation du pigment. — D'après Bruno-Bloch et son école la pigmentation résulterait de l'action d'un ferment « la dopa-oxydase » qui est décelé dans les cellules par la dioxyphénylalanine (dopa-réaction) amenant la formation de grains brun-noir dans la couche de Malpighi. La pigmentation sous l'action de la lumière serait dûe à la transformation de pro-pigments incolores, en mélanines colorées, sous l'influence

de la diastase. Ces substances paraissent nombreuses et on ne sait rien de sûr au sujet de leur constitution chimique, ni du mécanisme de leur transformation.

Modification histologique. — La couche superficielle de la peau irradiée desquame fortement. La pigmentation précoce obtenue est une apparence dûe au fait que les grains pigmentaires existant, se rapprochent de la surface, pour finalement, s'éliminer. Ce n'est que 8-10 jours après l'irradiation que commence la formation de pigment. En même temps il y a un épaississement de la couche granuleuse, hyperkératose, acanthose et parfois hypertrichose, ceci surtout quand l'organisme a été sensibilisé par l'acridine.

Photosensibilisation. — Parmi les rayons constituant la lumière naturelle, ce sont surtout les rayons ultraviolets qui ont un pouvoir pigmentogène. Mais certaines substances en particulier des matières colorantes ou odorantes, dont plusieurs sont utilisées en thérapeutique, pour des épreuves cliniques, en confiserie ou en parfumerie, rendent l'organisme plus sensible aux rayons, même du spectre visible ; cette action est tellement renforcée qu'elle peut devenir dangereuse et expliquer certains accidents de l'héliothérapie. Parmi ces photosensibilisateurs citons l'éosine, le rose bengale, le bleu de méthylène, la gonacrine, la safranine, l'essence de bergamote.

La dermophylaxie. — Enfin la peau est le siège de la formation sous l'influence de la lumière de substances, dont peu nous sont connues encore. Nous avons déjà vu le rôle qu'elle joue dans la formation de la vitamine D.

Woringer, étudiant sur un grand nombre de cas cliniques, la fréquence des maladies suivant les saisons, a constaté que certaines telles que la pneumonie, les oreillons, la streptococcie, la variole, l'encéphalite léthargique, la méningococcie, la peste, la tuberculose, ont leur maximum dans la période hiberno-vernale ; ce sont

celles qu'il appelle *héliophobes*. Cet auteur constate que dans les études épidémiologiques antérieures on a attribué surtout un rôle prépondérant au froid et à l'humidité mais qu'il n'y a pas de parallèlisme entre la courbe représentant la morbidité et celle représentant les variations de la température moyenne. De plus il y a un décalage de deux ou trois mois entre l'époque ayant la température la plus basse et celle où se place la plus forte proportion des affections héliophobes. Woringer pense que c'est plutôt la *carence solaire* qui explique ce phénomène. La peau aurait un rôle important dans la défense de l'organisme, une fonction d'immunisation à distance qu'il appelle « *dermophylaxie* ». Elle n'a pas une action spécifique pour un germe donné, mais se manifeste de la même façon vis-à-vis d'un grand nombre de germes. « Ce qui caractérise encore l'effet dermophylactique, c'est qu'il n'est pas lié à une infection qui a précédé, ni à une vaccination préalable. Il s'agit d'une immunisation primitive et polyvalente. La dermophylaxie subit des variations importantes sous l'influence de la lumière solaire ou ultra-violette ; elle est exaltée par l'irradiation et s'épuise après quelques mois de privation de lumière ».

« La fonction immunisante de la peau ne se borne pas à cette production non spécifique. Dans certaines conditions le revêtement cutané nous apparaît aussi comme le siège d'une production d'anticorps spécifiques. Lorsque les éléments dermo-épidermiques sont mis en contact direct avec des bacilles de Koch, non seulement ils se défendent eux-mêmes admirablement bien en atténuant et en détruisant les germes dans leur voisinage, mais de leur lutte avec le bacille naissent des anticorps capables de conférer une immunité à l'organisme entier. Cette réaction cutanée spécifique nous l'appelons « *dermoantergie* » ; elle nous paraît foncièrement différente de la dermophylaxie dans son mécanisme et dans son effet. Pour être mise en œuvre, elle a besoin d'une provocation par un antigène qui, le plus souvent, sera un bacille

tuberculeux vivant logé dans la peau ou dans son voisinage, mais qui, probablement, peut être des bacilles atténués ou morts ou même des produits microbiens. L'immunisation obtenue par la réaction dermo-antergique se transmet à tout l'organisme, mais contrairement à ce que l'on observe dans la dermophylaxie, elle ne s'adresse qu'au bacille de Koch, elle est strictement spécifique.

Action de la lumière sur les plaies.

Nous avons vu que l'idée de traiter les plaies par la lumière n'est pas nouvelle puisqu'elle remonte à Hippocrate ; mais cette pratique s'était perdue pendant le Moyen-Age, la Renaissance. En 1774 Faure, et, presque en même temps La Peyre et Le Comte retrouvent ce traitement, traitant des blessures, des abcès par le soleil, en renforçant même son action par l'usage de lentilles.

Pendant la guerre Leriche et Policard, Sencert, Delbet, Rollier, Léo et Vaucher ont étudié avec précisions l'action de la lumière sur les plaies de guerre. D'après ces deux derniers auteurs l'action de la lumière est complexe :

a) elle agit en stérilisant la plaie ; ce sont les anaérobies qui disparaissent les premiers, puis les autres microbes ;

b) elle produit une intense vaso-dilatation ; la structure des bourgeons charnus est modifiée, la lumière des capillaires, très agrandie, est bourrée de globules rouges et de mono- et polynucléaires. La cicatrisation et l'épidermisation sont activées ;

c) une lymphorragie apparaît, après 15-20 minutes d'exposition, d'autant plus abondante que la lésion est plus oedèmateuse, qui agit comme une drainage actif, entraînant à l'extérieur, le pus, les tissus sphacélés, les microbes et les produits septiques ou trypsiques qu'ils produisent. La plaie est constamment lavée par du sé-

rum frais à pouvoir trypsique élevé. « Il est naturellement impossible de fixer des délais précis à la durée de la stérilisation progressive d'une plaie. Mais il est certain que ce résultat est obtenu beaucoup plus rapidement par l'insolation que par n'importe quelle autre thérapeutique, notamment que par l'emploi des solutions d'hypochlorites ».

En même temps l'état général du sujet est favorablement influencé parce qu'il élimine ses toxines et que sa défense est accrûe.

Ce traitement est efficace, non seulement dans le cas des plaies de guerre, mais encore pour les abcès, les brûlures (des expositions brèves calment la douleur), les ulcères, les abcès froids fistulisés ou non, et pour les plaies osseuses, fractures ouvertes, ostéomyélites après trépanation et séquestrectomies ; on utilise dans ces derniers cas des appareils plâtrés fenêtrés. Il y a activation de la sclérose et de la calcification.

Dans de nombreuses dermatoses la lumière donne également de bons résultats, en particulier dans le lupus tuberculeux : les ulcérations se cicatrisent, les lupomes, l'infiltration disparaissent et l'on a une bonne cicatrice ; le plus souvent, dans ce cas, on associe l'hélio et l'actinothérapie.

Action de la lumière sur le squelette et les muscles.

D'après Nylin (Cité par Piéry, Congrès international d'Hydrologie, de Climatologie et de Géologie médicales, Belgrade, 1936) la croissance linéaire des écoliers de Stockholm est maxima en été, et parallèle à la durée et à l'intensité de l'insolation.

« La fleur humaine est, de toutes les fleurs, celle qui a le plus besoin de soleil » a dit Michelet.

La croissance est activée par un séjour au soleil à la montagne ou à la mer, mais là s'ajoute sans doute l'effet du bain de mer. Les muscles, l'amplitude thoracique aug-

mentent, ainsi que le poids ; l'appétit est augmenté ; chez les enfants qui en portaient, on voit se calcifier les adénopathies trachéo-bronchiques ; ils deviennent plus résistants aux infections. Tout ceci a incité de nombreux auteurs à préconiser, pour les enfants débiles les avantages de « l'école en plein air ».

Action de la lumière sur les troubles de la croissance.

La plupart sont améliorés ou guéris par la cure solaire, par exemple, l'hypotrophie, le lymphatisme, l'anémie et surtout le rachitisme.

Nous ne reviendrons pas ici sur la question du rachitisme qui a déjà été traitée mais nous y rattacherons certains troubles tels que la spasmophilie et la tétanie, qui lui sont d'ailleurs souvent associés et qui montrent aussi des troubles dans le métabolisme du Calcium. Le traitement de fond de cet état d'hyperexcitabilité musculaire est l'héliothérapie et l'actinothérapie, la crise elle-même étant traitée par le calcium. On voit peu à peu sous l'influence du traitement, les signes s'amender, celui de Chvostek persistant le dernier.

Les auteurs attribuent encore à la carence solaire, le pied plat douloureux des adolescents, le genu valgum, des scolioses, cyphoses, l'épiphysite vertébrale, la coxa vara, améliorés par l'héliothérapie. Enfin, on constate la fréquence de l'ostéo-malacie, chez les femmes indoues, mariées très jeunes, et qui, à partir de ce jour, ne sortent plus de leur maison, où ne pénètre jamais le soleil, les ouvertures en étant fermées par des rideaux épais.

Action de la lumière sur la tuberculose ostéo-articulaire.

Parmi les affections chirurgicales susceptibles de bénéficier de la cure solaire, péritonite, tuberculoses génita-

les, ostéomyélite, il faut noter son action particulièrement favorable dans la tuberculose ostéo-articulaire.

On immobilise le membre malade, en bonne position, avec l'appareil le plus simple possible, afin qu'il soit à l'air, à la lumière et non dans une carapace de plâtre. Les infections secondaires, s'il y en a, guérissent rapidement, les fistules se ferment. Grâce à l'activation de la circulation, les abcès froids, les exsudats, les fongosités se résorbent au lieu de s'organiser ; le malade, loin de subir des opérations mutilantes, conserve souvent une certaine mobilité, parfois même importante, de son membre malade. Cette conservation de la mobilité est dûe, en partie, au fait que par le traitement héliothérapique, les muscles, au lieu de s'atrophier se sont fortement développés, raffermis. Il est frappant de voir des malades, immobilisés longtemps, présenter une musculature d'athlète, harmonieusement développée.

Ce développement musculaire est attribué par Rollier à la circulation plus active, à l'excitation directe des fibres musculaires par les radiations, enfin aux modifications du métabolisme du Calcium, agissant sur leur tonus. Ce développement musculaire se voit aussi chez des hommes primitifs, des nègres, ayant une activité souvent réduite, mais qui vivent, nus à l'air et au soleil. Cette réfection musculaire est tout à fait favorable aux malades. Les muscles dorsaux forment un excellent soutien pour la colonne, un corset naturel chez les pottiques (Rollier préconise, chez ces malades le décubitus abdominal dans le but de favoriser cette action) les muscles pectoraux favorisent les échanges respiratoires et les abdominaux le fonctionnement des viscères.

Actions de la lumière sur diverses autres fonctions ou organes.

La littérature contient des travaux assez nombreux ayant trait à l'action de la lumière sur diverses fonctions de l'organisme, le métabolisme, la composition du

sang, etc., mais les résultats en sont souvent contradictoires. Les expérimentateurs nont pas toujours travaillé dans des conditions assez précises, oubliant parfois l'influence, sur de telles recherches d'un facteur important. L'un étudie par exemple la teneur du sang, ou l'élimination par les urines de tel ou tel composé, ou ion, sans se préoccuper du régime alimentaire des sujets ou animaux sur lesquels il expérimente ce qui enlève tout intérêt à son travail.

Nous nous bornerons à citer quelques-uns de ces résultats, un peu disparates, sans entrer dans les détails.

La phosphatémie, la calcémie, sont en général augmentées par les irradiations. Le métabolisme des hydrates de carbone serait modifié, leurs taux dans le foie et les muscles étant augmentés.

Au moment de l'érythème la teneur de la tyrosine, serait augmentée dans le sang, puis diminuerait ensuite au moment où se forme le pigment.

On signale aussi des modifications, souvent dans des sens différents du taux des agglutinines, du pouvoir hémolytique, de la réserve alcaline, du pH, du temps de saignement, du temps de coagulation, du taux du cholestérol, du nombre et de la répartition des globules blancs.

Varela et Sellarès ont constaté des variations saisonnières dans le nombre des hématies et la répartition des globules blancs chez le Crapaud, qui pourraient être dûes à la lumière.

Chez les anémiques on note une élévation du taux de l'hémoglobine sous l'influence des irradiations lumineuses.

En opposition avec Dalcq et Kaiser, Terroine n'admet pas que le rythme nycthéméral chez le Pigeon soit dû en partie aux variations de l'éclairement.

Castagna, constatant des modifications du sang des Souris blanches à la lumière, par rapport aux mêmes, à l'obscurité, admet une plus forte activité à la lumière

d'un ferment réglant les oxydations. Koldajew et Altschüller ont vu que le sang du Lapin irradié s'enrichit en lipase et s'appauvrit en catalase et en amylase. Laurens et Magerson ont constaté, chez le Chien, les effets dépresseurs de l'irradiation sur la pression systolique de 5-20 p. 100 pouvant persister jusqu'à 15 jours après, chez des animaux blancs, à poils ras. Vignes, chez les femmes enceintes, constate fréquemment, et surtout chez celles menacées d'éclampsie, qu'une brusque illumination détermine une hausse de la tension artérielle variant de 0,5 à 1,5 cm. Gellhorn et Régnier rapportent une observation de Tchakhotine montrant l'augmentation de la perméabilité de l'œuf d'Oursin par les rayons ultra-violets. D'après Riddle, Smith et Benedict, le métabolisme plus élevé en été chez le Pigeon, serait dû à la lumière, en particulier aux radiations ultra-violettes, plutôt qu'aux différences de température, d'activités thyroïdiennes ou sexuelles.

Action de la lumière sur les glandes sexuelles.

L'action des radiations sur les glandes endocrines était soupçonnée, mais peu et mal étudiée.

Certains admettent que la vitamine D agirait, dans le rachitisme, par l'intermédiaire des parathyroïdes et d'autres, ayant constaté, une baisse momentanée de la glycémie admettent l'influence, sur le pancréas, de l'histamine qui se forme à partir de l'histidine, sous l'influence d'une irradiation.

On a constaté depuis longtemps que l'apparition des règles est plus précoce chez les latins que chez les peuples des régions nordiques, et que, chez les Esquimaux les femmes n'ont pas de règles pendant la nuit polaire.

Parmi les publications récentes, il faut faire une place à part aux intéressantes et minutieuses recherches de J. Benoît sur l'action de la lumière en tant que stimulant de l'activité sexuelle chez le canard et la cane domestique et sur le rôle de l'hypophyse dans cette action.

Bien que l'éclairement soit un des facteurs les plus importants d'un climat, et que l'on connaisse le cycle sexuel que présente le canard, comme d'ailleurs beaucoup d'autres animaux, en fonction des saisons et des climats, les travaux de J. Benoît sont les plus complets expliquant le mécanisme de cette action.

Au point de vue empirique cette action était connue des éleveurs qui, pour avoir des pontes en hiver, éclairaient leur poulailler ; ils croyaient que la prolongation de la ponte par cette technique était dûe au fait que les poules, éclairées, bougent et mangent plus que les témoins.

Au point de vue expérimental c'est à Rowan que l'on doit les premiers travaux ; il augmenta la durée de l'éclairement diurne et obtint ainsi, chez le Junco, une activité sexuelle à une époque de l'année où elle est habituellement nulle, et il l'attribua à une augmentation de l'exercice musculaire et du métabolisme, qui réagirait sur les glandes sexuelles.

Il dit obtenir les mêmes résultats en faisant travailler les Oiseaux.

Bissonnette reprit ces expériences sur des Etourneaux et admet simplement un rôle sensibilisateur de l'exercice sur les glandes ; il montra que, toutes conditions égales, la réponse des gonades dépendait de la durée, de l'intensité et de la longueur d'onde. D'autres travaux avaient été faits chez le Moineau, le Pigeon et un oiseau japonais, on en trouvera une revue bibliographique dans les publications de J. Benoît (1).

Travaux de J. Benoît. — J. Benoît a repris l'étude de cette action de la lumière en utilisant le Canard domestique de race Rouen et en faisant des expériences sur une vaste échelle, plus de 600 animaux et dans des con-

(1) En particulier dans J. Benoît : Facteurs externes et internes de l'activité sexuelle. I. Stimulation par la lumière de l'activité sexuelle chez le Canard et la Cane domestique. *Bulletin biologique de la France et de la Belgique*, tome LXX (1936), fasc. 4, pages 487-533.

ditions expérimentales variées. Il considère le Canard comme animal de choix, à cause de sa grande taille, sa résistance aux opérations, souvent multiples, qu'il leur a fait subir : laparotomie exploratrice, opérations sur l'œil ou l'hypophyse, enfin à cause des grandes différences de taille entre les gonades en activité et au repos : 1 à 2 grammes en hiver, contre plus de 150 au printemps ; la même différence se voit sur l'ovaire ; l'automne suivant les organes reprennent leur petite taille de repos sexuel.

Cet auteur faisait parfois une ou plusieurs laparotomies exploratrices, au début et au cours de ses expériences et mesurait les dimensions des organes à l'aide d'un compas, puis dessinait leur surface sur du papier.

Ayant d'abord montré qu'une diminution de la lumière naturelle entraînait une diminution de l'accroissement des testicules par rapport à des témoins éclairés par la lumière automnale (15 p. 100 au lieu de 95 p. 100 en 3 mois) il aborde ensuite l'étude du rôle possible de la température dans l'accroissement des testicules chez des Canards éclairés artificiellement et montre qu'elle est nulle.

L'étude histologique, faite sur des Canards éclairés a montré leur évolution par rapport à des coupes du même organe, prélevées par biopsie avant le début de l'expérience. Cette évolution est d'ailleurs très rapide, puisque 10 à 12 jours d'éclairement suffisent pour qu'on voie sur les coupes des spermatozoïdes, mais les éléments du tissu sertolien, du tissu intertubulaire, et les cellules glandulaires interstitielles sont encore plus fortement développés que les cellules sexuelles elles-mêmes.

Le caractères sexuels secondaires, le comportement psychosexuel sont nettement influencés.

Des expériences faites sur la Cane ont donné les mêmes résultats ; de jeunes sujets, immatures, éclairés, ont pondu, en des délais très courts, leur premier œuf, tout à fait normal. Par rapport au mâle ce développement demande un temps plus long, double environ.

Ce qui frappe, dans cette action de la lumière, c'est *sa grande rapidité et l'intensité du phénomène*. Dans des cas favorables le volume du testicule a décuplé en 10 jours et a augmenté de 60 à 80 fois en 20 jours. De plus il y a un *rapport quantitatif entre la réponse testiculaire et l'intensité et la durée de l'éclairement*. L'action est accélérée par un accroissement quotidien progressif à partir d'une dose initiale, ou par un fractionnement en petites doses limitées.

Il est intéressant de rapprocher ce fait expérimental des constatations cliniques de Brody sur l'avantage des cures héliothérapiques fractionnées.

Si un animal a été éclairé, puis mis à l'obscurité, l'action, une fois déclenchée, continue pendant un certain temps, supérieur à la durée de l'éclairement.

Des expériences analogues faites avec des lumières colorées d'intensités égales, ont montré l'inégalité d'action des différentes longueurs d'ondes, le bleu se montrant à peu près inactif, et la région spectrale correspondant au rouge-orangé donnant le maximum d'effet. Une zône de proche infra-rouge expérimentée n'a donné aucune action.

Arrivé à ce stade J. Benoît a abordé l'étude du mécanisme de cette action de la lumière.

En se basant sur la connaissance que nous avons aujourd'hui du rôle de l'hypophyse dans le développement des gonades, d'après les travaux de Benoît lui-même et de Aron, on pouvait penser qu'elle jouait un rôle dans ces phénomènes.

Des sujets, en pleine activité sexuelle, ont subi l'ablation de l'hypophyse ; éclairés, ils ont présenté une régression nette des testicules. Des biopsies ont montré qu'en 10 jours, un testicule en pleine activité pouvait prendre l'état de repos. *Donc, en l'absence de l'hypophyse, la lumière artificielle n'a pas d'action stimulante.*

Pour contrôler le rôle de l'hypophyse, il implante cette glande sous la peau de Souris, qu'il sacrifie 4 jours après.

S'il s'agit de l'hypophyse de Canards au repos sexuel, les organes sexuels de la Souris ne subissent aucun changement, mais s'il s'agit de la glande de Canards irradiés, ils augmentent beaucoup.

Un nouveau pas à faire était de rechercher la voie par laquelle la lumière agit sur l'hypophyse. Cette action se produit-elle quand la lumière frappe l'ensemble des téguments, ou au contraire une région particulière de l'œil, à cause des rapports qu'on admet entre le nerf optique, les noyaux de l'hypothalamus et le lobe nerveux de l'hypophyse, celui-ci paraissait avoir un rôle privilégié,

Des canards, conservés à l'obscurité, subissaient des séances d'éclairement dans des conditions très diverses :

1er groupe : les animaux ont la tête enveloppée d'un capuchon noir ;

2e groupe : les animaux sont mis dans un sac de même tissu noir, les enveloppant entièrement, avec seulement deux trous pour les yeux ;

3e groupe : les animaux sont dans des sacs analogues, mais sans trou pour les yeux ;

4e groupe : certains sujets, ayant un capuchon, sont déplumés sur le dos.

Ces expériences ont montré que, *si la lumière frappe le corps, sans les yeux, elle n'a pas d'action gonado-stimulante, et que l'éclairement de la région oculaire seule, en avait.* Ni l'ablation des globes oculaires, ni la section des nerfs optiques n'empêchèrent la lumière d'agir. Si on place au fond de l'orbite d'un œil énucléé, une cupule de caoutchouc qui soit parfaitement impénétrable aux rayons, et si on éclaire de tels sujets, on observe que le développement testiculaire est moindre que chez les témoins simplement énucléés. Si l'éclairement subi est dirigé de telle manière que la région du nerf optique sectionné, de l'hypophyse et de l'hypothalamus, se trouve au centre de l'ombre portée par l'écran de caoutchouc, l'action est presque nulle ce qui permettrait de penser

que dans l'éclairement non dirigé, certains rayons peuvent frapper un organe photo-récepteur.

Enfin, l'auteur a éclairé directement l'hypophyse, en plaçant dans l'orbite un petit tube de verre, fixé au fond, après énucléation. Du papier noir entoure le tube, et un capuchon la tête du Canard, protégeant contre les effets de la lumière parasite ; dans de telle conditions le résultat a été très grand : après deux séances d'éclairement, la surface du testicule est devenue 4 à 6 fois plus grande. Enfin, dans sa dernière publication J. Benoît conclut : « En définitive il paraît vraisemblable que la lumière exerce son action stimulante sur l'hypophyse du Canard en excitant simultanément différents points de la voie nerveuse autonome, qui, selon les conceptions modernes, relierait la rétine à l'hypophyse par l'intermédiaire du nerf optique et de faisceaux et noyaux nerveux végétatifs situés dans l'hypothalamus. Les rayons lumineux, surtout orangés-rouges, agiraient sur la rétine et aussi, et peut-être surtout, en pénétrant les tissus et les os interposés, sur d'autres parties intra-cérébrales et notamment hypothalamiques, de la voie nerveuse oculo-hypophysaire ».

En outre, jusqu'à plus ample informé, il ne faut pas exclure la possibilité que l'hypophyse elle-même soit également directement excitée par les rayons lumineux.

Action de la lumière sur le métabolisme de l'azote.

Peu nombreux sont, dans la littérature, les travaux étudiant l'action de la lumière sur le métabolisme de l'azote.

En 1921, Campbell et Webster ont fait une publication sur l'élimination comparée, par les urines, pendant la veille et pendant le sommeil. Leur étude est très complète, portant sur tous les éléments dosables de l'urine dans différentes conditions expérimentales, au repos, à un travail modéré, ou fatigant. Mais les auteurs n'ayant

pas déterminé avec assez de précisions les conditions expérimentales dans lesquelles ils avaient opéré et la façon dont ils avaient recueilli les urines ne leur paraissant pas exempte de critique, FONTÈS et YOVANOVITCH en 1923 reprirent cette étude en opérant dans des conditions plus strictes.

Trois sujets ont été mis en expérience pendant trois jours ; chacune des journées était divisée en deux périodes égales de 12 heures, au début desquelles le sujet ingérait la même ration alimentaire :

{lait de vache, 250 cm³
{saccharose, 250 grammes dissous dans 500 cm³ d'eau

soit environ 2.300 calories par jour. Les urines de chaque période étaient recueillies sur cyanure. Les sujets vivaient dans une chambre à température constante 17-18° au repos complet, au lit, repos physique et intellectuel. Les mouvements obligatoires étaient faits à des heures déterminées et répétés identiquement, pendant la période de nuit. Le sommeil avait une durée de 7-8 heures pendant la période nocturne. Dans ces conditions ils ont obtenu les résultats suivants :

	Elimination en p. 100 :	
	pendant le jour	pendant la nuit
N total	54,0	46,0
Urée	57,8	42,2
N de l'ammoniaque	38,4	61,6
N des acides aminés	52,0	48,0

1° L'eau, l'azote total, l'urée et l'azote des acides aminés sont éliminés en plus grande quantité pendant la période de veille.

2° La quantité d'ammoniaque éliminée augmente pendant la période de sommeil. Une même expérience faite sur un sujet à jeun, n'ingérant que 300 cm³ d'eau au début de chaque période a donné exactement les mêmes résultats.

Les auteurs ont pensé en 1925 qu'ils avaient oublié de tenir compte d'un facteur important de la période de jour : *la lumière*. Le sommeil coïncidait avec l'obscurité ; les résultats dépendaient de deux facteurs et non d'un seul, le sommeil. De nouveaux essais ont été faits, cette fois, en divisant la journée en 4 parties de 6 heures et au début desquelles les sujets ingéraient 125 cm³ de lait et 125 grammes de saccharose dissous dans 250 cm³ d'eau. Voici les résultats obtenus :

	Périodes de 6 heures			
	8-14	14-20	20-2	2-8
	Veille		Veille	
	lumière	lumière	obscurité	lumière
1er jour.	—	—	—	—
Azote total grs....	5,33	5,45	3,83	5,24
	Lumière		Obscurité	
	sommeil	veille	sommeil	sommeil
2e jour	—	—	—	—
Azote total grs....	4,89	5,21	3,91	4,18
	Veille		Sommeil	
	obscurité	lumière	obscurité	lumière
3e jour	—	—	—	—
Azote total grs....	3,71	5,23	3,50	4,68

Les résultats peuvent être rendus encore plus objectifs en mettant côte à côte les éliminations d'azote total au cours de périodes comparables :

		Veille	*Sommeil*
	Jours	N total (g.)	N total (g.)
	—	—	—
Obscurité.....	1	3,83	—
—	2	—	3,91 4,18
—	3	3,71	3,50
Lumière.....	1	5,33 5,45 5,24	—
—	2	5,21	4,89
—	3	5,23	4,68

Ces résultats peuvent encore se résumer davantage ainsi :

		g. d'azote éliminé
Veille	Obscurité.....	3,77
—	Lumière.....	5,26
Sommeil..	Obscurité.....	4,04
—	Lumière.....	4,78

Par conséquent la lumière a une influence sur l'élimination azotée, qui passe à l'état de veille de 3,77 à 5,26 g. soit une différence de plus de 25 p. 100 de la valeur à l'état de veille, différence beaucoup plus importante que celle qui existe entre son élimination à l'état de veille et de sommeil dans les mêmes conditions d'éclairement qui sont de 6,6 p. 100 à l'obscurité et 10 p. 100 à la lumière.

Aussi notre Maître nous a conseillé de reprendre ces expériences, dans d'autres conditions, en travaillant sur des animaux. Il lui semblait nécessaire de faire porter ces essais sur des périodes expérimentales plus longues que celles qu'il avait utilisées lui-même. Or il était difficile d'opérer sur l'Homme dans ces conditions. Il faudrait avoir un sujet qui se soumette pendant longtemps aux conditions de l'expérimentation : alimentation réglée strictement (toujours pesée ou mesurée), identique, travail ou mouvements identiques, non seulement pendant plusieurs journées mais même pendant plusieurs semaines. Il est difficile d'exiger ceci d'un Homme sans que ses études ou ses occupations en souffrent, aussi avons-nous opéré sur des Chiens, dans des cages, les mouvements étaient, par conséquent, limités et nous pouvions régler à loisir l'alimentation.

Expériences personnelles.

Nous avons étudié expérimentalement l'action de la lumière sur le métabolisme de l'azote chez le Chien.

Nous avons fait deux séries d'expériences, l'une en 1935, l'autre en 1936-37. Dans l'une d'elles, nous avions comme seule indication la durée de l'insolation ; dans l'autre, plus précise, nous avons enregistré l'éclairement reçu par les animaux. Les conditions dans lesquelles ont été faites ces deux séries d'expériences seront précisées pour chacune d'elles, mais dans les deux cas, l'habitat des animaux et leur alimentation sont identiques.

Conditions générales de ces expériences. — Elles ont été faites sur des Chiens adultes de tailles différentes, dont les poids étaient de l'ordre de 9 à 15 kgs. Ces Chiens vivaient dans des cages, dans la salle spécialement aménagée au 2e étage de l'Institut d'Hydrologie. Ils recevaient pendant toute la durée de l'expérience une nourriture constante que nous préciserons plus loin, et qu'ils absorbaient intégralement.

Habitat des animaux. — Les Chiens étaient placés dans des cages en aluminium, selon le modèle classique de Hans Meyer avec quelques modifications apportées par G. Fontès.

Ces cages (figure 8) ont une base de 80 cm. × 80 cm. et une hauteur de 70 cm. sur les deux faces latérales et sur la face postérieure elles sont fermées par une plaque

d'aluminium ; leur face antérieure, tournée vers la salle, consiste en une porte vitrée et le dessus de la cage est fermé par des barres d'aluminium. Ces cages présentent l'intérêt d'avoir un double fond : un premier fond sur lequel est posé l'animal a sa partie centrale légèrement surélevée par rapport à ses bords ; un deuxième fond a la forme d'un grand entonnoir, dont la partie la plus large a les dimensions de la base de la cage. Grâce à ce double fond, les urines des Chiens ne risquent pas de se souiller par des débris alimentaires ou des matières fécales, et de stagner et fermenter dans la cage ; aussitôt émises, contre une des parois, elles s'écoulent par l'entonnoir dans un récipient placé à cet effet sous la cage et contenant 2 cm^3 de solution de cyanure de mercure à 2 p. 100. Cette quantité, exactement mesurée, apportant tous les jours une quantité constante d'azote et de carbone, négligeables d'ailleurs par rapport aux quantités éliminées (0 g.,011 d'azote et 0 g.,0094 de carbone) suffit à empêcher toute fermentation. Une urine, ainsi traitée, se conserve pendant des mois sans présenter une variation appréciable de sa teneur en carbone et en azote.

Ces cages étaient maintenues dans un grand état de propreté et lavées tous les jours à grande eau. Deux de ces cages sont placées juste en face de la fenêtre et sont, par conséquent, très éclairées ; deux autres sont un peu en retrait et dans une pénombre relative.

Les Chiens étaient pesés une fois par semaine dans la première série d'expériences, et tous les deux jours dans la seconde série, sur une balance romaine spécialement aménagée à cet effet, dont le plateau est surmonté d'une cage où l'on met l'animal.

Pendant toute la durée de l'expérience les animaux ont conservé l'aspect, le poil brillant, la vivacité et l'appétit d'animaux bien portants.

Alimentation des animaux. — Chacun des Chiens recevait par jour la ration alimentaire suivante :

750 cm³ de lait crû ;
200 g. de pain frais ;
50 g. de poudre d'os ;
10 cm³ d'une solution contenant 50 cm³ de chlorure ferrique officinal par litre, soit environ 45 milligrammes de fer par jour ;
10 cm³ de solution de sel de cuisine à 20 p. 100, soit 2 grammes par jour.

La quantité de pain était exactement pesée, celle de lait mesurée à l'aide d'une éprouvette graduée, et celles de fer et de sel avec une pipette. Un tel régime alimentaire, qui a été fréquemment utilisé par G. Fontès et L. Thivolle, a permis de maintenir le poids d'un Chien constant pendant de très longues périodes expérimentales, l'animal étant placé dans une cage identique aux nôtres, mais à l'obscurité, dans une cave.

Dans les deux séries d'expériences, les urines étaient récoltées tous les matins, à l'heure fixe, et leur volume mesuré dans une éprouvette graduée. Les urines, récoltées le dimanche matin étaient conservées à la glacière et soigneusement mélangées à celles du lundi ; le dosage portait sur le mélange.

Première série d'expériences.

Ces expériences ont été faites en 1935 sur trois Chiens, maintenus préalablement pendant plus de 6 semaines à ce régime alimentaire. Nous avons fait des dosages quotidiens d'azote et de carbone sur les urines de ces Chiens, entre le 24 janvier et le 12 juillet.

Les méthodes de dosages utilisées seront décrites en détail avec la deuxième série d'expériences.

Depuis le jour de leur arrivée au laboratoire jusqu'au 6 mai, deux de ces Chiens Sa. et Dou. séjournaient dans les cages très éclairées, en face de la fenêtre et le troisième Nég. dans la cage la moins éclairée. Le 6 mai nous

avons fait changer les animaux de cages : Nég. a été mis en face de la fenêtre, et les deux autres dans les cages moins directement éclairées.

Pendant la durée de nos expériences, les heures d'insolation quotidienne nous ont été aimablement communiquées par l'Observatoire de Strasbourg.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, les Chiens étaient pesés toutes les semaines.

Pour cette première série d'expériences nous ne donnerons pas le détail de tous nos résultats quotidiens, mais seulement les moyennes de périodes de 9 ou 10 jours des dosages de Carbone, d'Azote et le poids de l'animal. Ces résultats sont résumés dans les tableaux I, II, et III et les courbes correspondantes.

Examinons le cas de chaque Chien en particulier :

Chien Sa. — Rappelons que ce Chien était, au début de l'expérience, dans une cage placée en face de la fenêtre, et qu'il a été mis le 6 mai dans une autre située légèrement en retrait, où il est resté jusqu'à la fin, mais, en raison de la saison la durée d'insolation continuait à augmenter.

Poids. — Nous voyons sur le tableau et la courbe I que son poids augmente de 20,8 kilog. à 25,1 soit de 20 p. 100 environ du poids initial, et ceci assez régulièrement, et parallèlement aux variations de la durée d'insolation du début à la fin de l'expérience sans en subir les oscillations brusques, d'une période à l'autre.

Azote éliminé. — Nous voyons sur cette même figure que la quantité moyenne d'azote, éliminée en un jour, pendant une période, diminue de 7 g.,4 à 6 g.,18 soit de 16 p. 100 environ de sa valeur initiale, quand la durée de l'insolation augmente, mais que cette diminution est beaucoup moins régulière que l'augmentation du poids de l'animal et présente de fortes oscillations.

Carbone éliminé. — Les variations des quantités de carbone éliminées en un jour sont tout à fait comparables à celles de l'azote. [Courbe I (Chien Sa)].

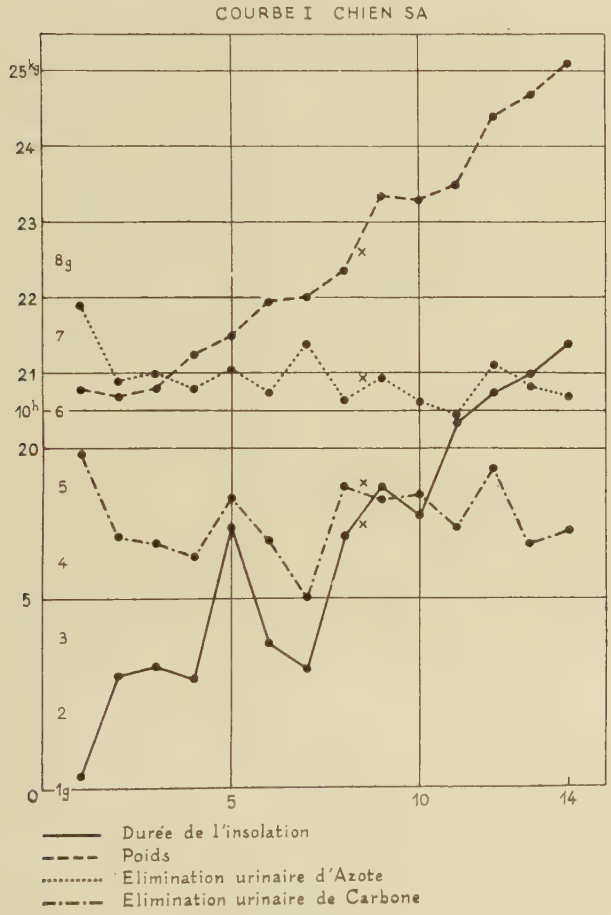


TABLEAU I.

Chien Sa.

Dates (1935)	Période n°	Moyenne des poids	Moyenne des éliminations de carbone en 24 h.	Moyenne des éliminations d'azote en 24 h.	C/N	Nombre de jours	Insolation totale de la période	Insolation moyenne par 24 h.
15 janvier-4 février...	1	20.800	5,48	7,40	0,74	9	3,9	0,43
5-14 février.....	2	20,700	4,35	6,40	0,68	9	27,5	3,00
15-25 février	3	20.800	4,33	6,47	0,67	11	34,8	3,16
26 février-6 mars.....	4	21.250	4,11	6,30	0,65	9	26	2,89
7-18 mars.....	5	21.500	4,86	6,55	0,74	11	75	6,81
19-28 mars.....	6	21.950	4,35	6,25	0,70	9	53,1	3,9
29 mars-8 avril	7	22.000	3,52	6,88	0,51	11	34,8	3,16
9 avril-6 mai.....	8	22.350	5,03	6,12	0,82	13	86,5	6,65
Changement de cage.								
7-17 mai.....	9	23.350	4,84	6,45	0,75	9	72,4	8,04
18-27 mai.....	10	23.300	4,88	6,10	0,81	9	65,9	7,32
28 mai-6 juin	11	23.500	4,48	5,93	0,75	6	57,8	9.63
7-20 juin.....	12	24.400	5,27	6,56	0,80	8	84,1	10,5
21-juin-2 juillet.....	13	24.700	4,31	6,36	0,67	11	120	10,9
3-12 juillet.....	14	25.100	4,43	6,18	0,72	8	946	11,8

Chien Dou. — Comme le précédent, il était d'abord placé en face de la fenêtre, puis ensuite, à partir du 6 mai, dans une autre cage en retrait.

Poids. — Le poids de cet animal, bien que croissant aussi au fur et à mesure que la durée d'insolation augmente, présente un maximum à la 6e période qui semble correspondre au maximum relatif d'insolation de la 5e période. Il y a donc un décalage entre la courbe des poids et celle de la durée d'insolation. Pour ce Chien, l'augmentation du poids est de 13 kg.,6 à 15 kg.,1, soit d'environ 11 p. 100 du poids initial.

Azote et carbone éliminés. — Les oscillations que présentent les éliminations urinaires de carbone et d'azote sont plus fortes que dans le cas précédent et très intéressantes.

On voit que, depuis le début de l'expérience jusqu'à la période 9, les courbes représentant les variations de l'insolation et de l'élimination azotée varient en sens inverse. A la période 2, à une augmentation importante de l'insolation, correspond une diminution de l'azote éliminé ; puis à la période 5, à un maximum (a) d'insolation, correspond un minimum sur la courbe de l'azote ; enfin, à la 9e période, au maximum (c) correspond le minimum (c') en retard d'une période.

A partir de ce moment, l'évolution des deux courbes serait indépendante. Tandis que l'insolation augmente, l'élimination de l'azote oscille autour d'une valeur moyenne. Or, un fait nouveau s'est produit ; le Chien a été mis le 6 mai dans une cage en retrait, et de ce fait subissait moins directement les variations de la lumière.

La courbe de l'élimination du carbone est à ce moment tout à fait comparable à celle de l'azote. [Courbe II (Chien Dou.)].

Ces deux premiers Chiens sont soumis à deux phénomènes différents et contradictoires pendant la deuxième partie de l'expérience :

— d'une part ils ont été mis dans une cage placée à l'ombre ;

— d'autre part, à ce moment de l'année, mai-juillet, la durée de l'insolation et son intensité augmentent beaucoup. On ne peut donc observer que la résultante de ces phénomènes. Mais, par contre le cas du troisième chien est plus simple.

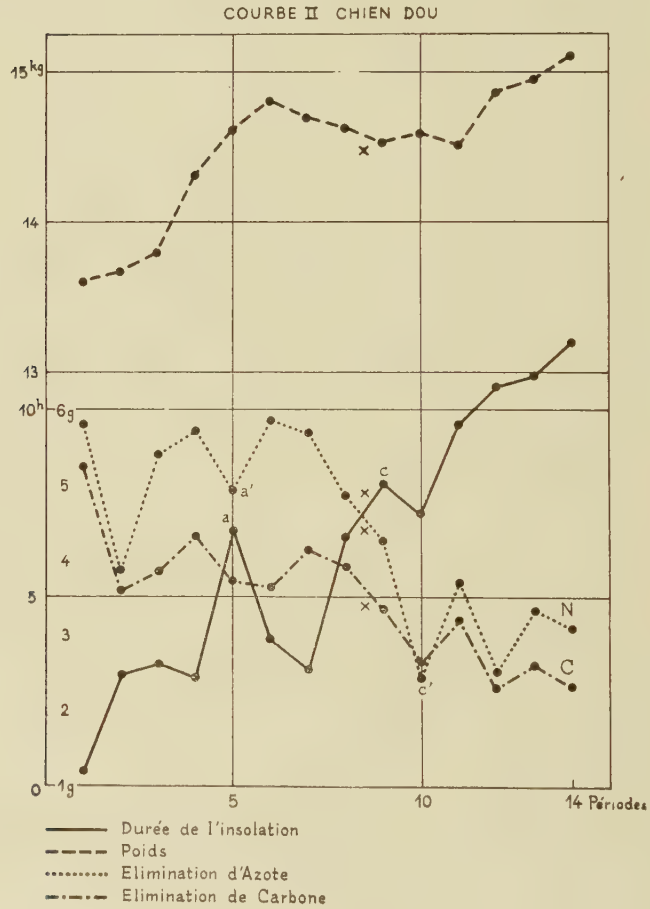


TABLEAU II.

Chien Dau.

Date (1935)	Période n°	Moyenne des poids	Moyenne des éliminations de carbone en 24 h.	Moyenne des éliminations d'azote en 24 h.	C/N	Nombre de jours	Insolation totale de la période	Insolation moyenne par 24 h.
25 janvier-4 février...	1	13.600	5,24	5,78	0,90	9	3,9	0,43
5 14 février	2	13.650	3,60	3,86	0,93	9	27,5	3,00
15-25 février	3	13.800	3,87	5,39	0,71	11	34,8	3,16
26 février-6 mars.....	4	14.300	4,32	5,73	0,75	9	26	2,89
7-18 mars.....	5	14.600	3,74	4,98	0,75	11	75	6,81
19-28 mars.....	6	14.800	3,64	5,82	0,62	9	53,1	3,90
29 mars-8 avril.....	7	14.700	4,14	5,68	0,73	11	34,8	3,10
9 avril-6 mai.....	8	14.650	3,92	4,87	0,80	13	86,5	6,65
Changement de cage.								
7-17 mai.....	9	14.550	3,39	4,24	0,80	9	72,4	8,04
18-27 mai.....	10	14.600	2,58	2,46	1,04	9	65,9	7,32
28 mai-6 juin	11	14.525	3,19	3.71	0,85	6	57,8	9,63
7-20 juin.....	12	14.860	2,27	2,48	0,91	8	84,1	10,5
21 juin-juillet.....	13	14.950	2,52	3,36	0,75	11	120	10,9
3-12 juillet.....	14	15.100	2,33	3,12	0,74	8	94,6	11,8

Chien Nég. — Ce chien (Nég.) était dans la cage en retrait au début de l'expérience, au moment où l'insolation est faible, puis ensuite, en face de la fenêtre, au moment de ses valeurs fortes, les plus intéressantes, dont il pouvait pleinement subir les variations. Son cas est résumé par le tableau III et la courbe III.

Poids. — Entre le 25 janvier et le 6 mai, la valeur moyenne de son poids augmente lentement de 12,6 kilog. à 12,85 (moins de 2 p. 100 du poids initial en trois mois et demi) bien que la durée de l'insolation ait subi une forte variation à la période 5 (7-18 mars). Puis, à partir du moment où l'animal est en face de la fenêtre son poids augmente rapidement de 12,850 à 14,250 entre le 6 mai et le 12 juillet soit en deux mois environ. Cette augmentation de 1,400 correspond à 11 p. 100 de celle du poids initial 12,600 kilog.

Azote éliminé. — Ici on est frappé en comparant les courbes représentant les variations de l'azote éliminé et de l'insolation, de voir qu'elles se correspondent tout à fait : au maximum *a* de la lumière (7-18 mars) correspond un minimum *a'* de l'azote, au minimum *b* de la lumière correspond un maximum *b'* de l'azote (29 mars-8 avril), au maximum *c* de l'insolation (7-17 mai) correspond un minimum *c'* de l'azote, avec un décalage d'une période ; enfin au minimum *d* de l'insolation (18-27 mai) correspond le maximum de l'azote *d'* de l'azote, ensuite la lumière continue à augmenter et l'azote à diminuer.

Le carbone varie comme l'azote, mais sa courbe présente des variations moins nettes, certains maxima et minima ne sont qu'esquissés.

Pour rendre plus nettes, plus faciles à voir ces variations de l'azote en fonctions de celles de la lumière nous avons tracé sur une même figure (IV) les éliminations azotées des trois chiens en marquant les ordonnées en sens inverses de celles de la lumière. Cette figure fait alors nettement apparaître de cette manière le parallèlisme de la courbe d'insolation et celle de l'azote.

En résumé ces trois expériences nous montrent que la lumière a une influence sur le poids et le métabolisme de l'azote chez des chiens ayant une alimentation constante. L'augmentation du poids est sensiblement parallèle à celle de la lumière. Les quantités d'azote et de carbone éliminées en un jour par les urines, présentent des variations inverses de celles de la lumière ; l'augmentation de l'insolation amenant une diminution de ces éliminations.

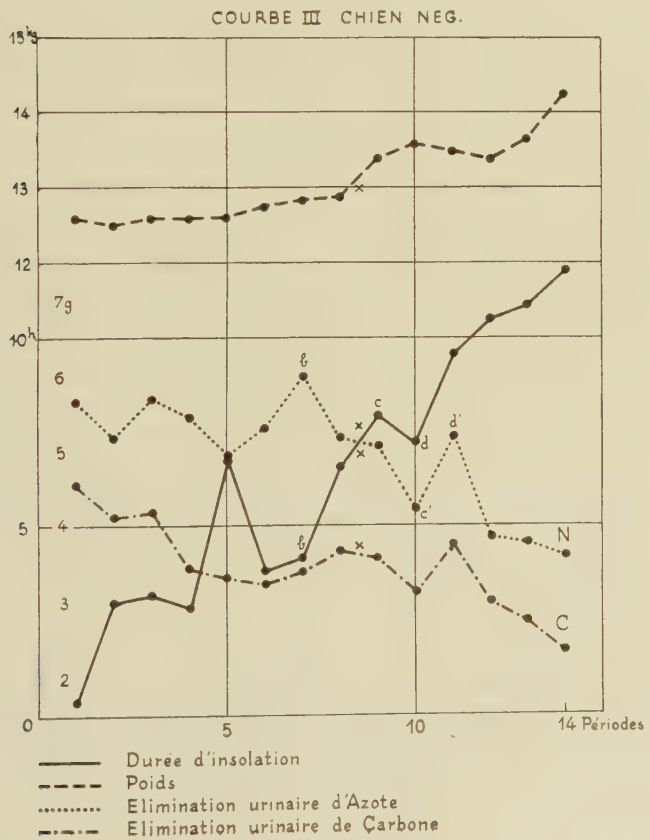
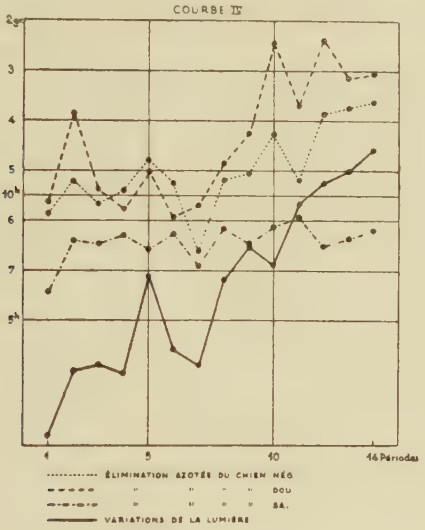


TABLEAU III.

Chien Neg.

Dates (1935)	Poids	C/24 h.	N/24 h.	C/N	Nombre de jours	Total des heures de soleil de la période	Insolation par 24 h.
25 janvier-4 février...	12.600	4,55	5,62	0,81	9	3,9	0,43
5-14 février	12.500	4,16	5,20	0,80	9	27,5	3,0
15-25 février.....	12.600	4,18	5,67	0,74	11	34,8	3,16
26 février-6 mars	12.600	3,42	5,46	0,62	9	26	2,89
7-18 mars.....	12.600	3,37	4,79	0,70	11	75	6,81
19-28 mars.....	12.750	3,23	5,31	0,61	9	53,1	3,9
29 mars-8 avril.....	12.800	3,38	6,52	0,52	11	34,8	3,16
9 avril-6 mai.....	12.850	3,62	5,20	0,69	13	86,5	6,65
Changement de cage.							
7-17 mai	13.450	3,60	5,08	0,70	9	72,4	8,04
18-27 mai.....	13.600	3,12	4,24	0,73	9	65,9	7,32
28 mai-6 juin.....	13.500	3,78	5,19	0,73	6	57,8	9,63
7-20 juin	13.400	3,00	3,86	0,77	8	84,1	10,5
21 juin-2 juillet.....	13.600	2,78	3,81	0,73	11	120	10,9
3-12 juillet.....	14.250	2,36	3,66	0,70	8	94,6	11,8

Cette série d'expériences présentait de nombreuses imprécisions. Nous ne savions pas quelle était l'élimination de nos animaux à l'obscurité, nous savions cependant par les travaux de G. Fontès et L. Thivolle que des chiens, à ce régime alimentaire, dans une cave obscure présentent un poids constant.



La mesure de la lumière ne nous donnait pas non plus satisfaction ; nous avions la durée de l'insolation quotidienne mesurée à l'Observatoire de Strasbourg, nos animaux n'étaient pas seulement exposés au soleil, qui par moment pouvait pénétrer dans leur pièce, (pendant un temps qui n'était certainement pas celui de l'insolation totale mesurée à l'Observatoire) mais encore, et surtout, à la lumière éclairant leur salle. Nous ne savions rien non plus sur la température de cette salle.

Nous avons donc fait une deuxième série d'expériences.

Deuxième série d'expériences.

Cette nouvelle série d'expériences a été faite en 1936-37. Elle a été également commencée sur trois chiens mais, l'un d'eux ayant présenté de la diarrhée fréquente, nous n'avons pas tenu compte des résultats qu'il nous a donnés et nous l'avons finalement éliminé.

Cette nouvelle série a été partagée en plusieurs périodes.

Prépériode. — Les animaux, arrivés au laboratoire au début de septembre, ont été aussitôt mis à l'obscurité, et ont reçu une alimentation identique à celle qui leur sera donnée pendant toute la durée de l'expérience, qui a été indiquée plus haut, et ont été pesés régulièrement.

Pendant les premiers jours leur poids a augmenté rapidement, puis il a oscillé autour d'une valeur moyenne ; voici ces poids pendant les 15 derniers jours de cette prépériode.

	Chien Be.	Chien Nen.
	—	—
7 octobre	8,800	10,200
12 —	9,350	10,240
16 —	9,290	10,200
19 —	9,100	10,320
22 —	8,990	10,320
Moyenne	9,100	10,265

Période I. — A ce moment, à partir du 26 octobre nous avons commencé les dosages d'azote, de carbone, et de poids sec des urines .

Période II. — A partir du 15 décembre, les persiennes de la chambre ont été ouvertes et les animaux ont été, par conséquent, exposés à la lumière de la pièce, qui a été enregistrée.

Période III. — A partir du 2 février commence une nouvelle période d'obscurité.

Période IV. — Nouvelle période de lumière du 27 avril au 15 juin.

Période V. — Période d'obscurité du 16 juin au 23 juillet.

Pendant tout ce temps, un thermomètre enregistreur nous a donné les variations de la température de la salle où se trouvaient les animaux. Nous avons pointé sur la courbe la température à minuit, 6 heures, midi, 18 heures et calculé la température moyenne pour une durée de 9 à 11 jours, correspondant à celle qui nous a servi à faire les moyennes des éliminations d'Azote et de Carbone.

MÉTHODES DE DOSAGE.

Carbone total.

Pour doser le carbone total urinaire nous avons utilisé la méthode de Nicloux que nous allons décrire.

Principe de la méthode. — L'urine est soumise à l'oxydation argento-sulfo-chromique dans un petit appareil où on a fait le vide. Le gaz carbonique produit est capté par de la potasse à la partie supérieure de l'appareil. Le carbonate de potasse ainsi formé est transformé ensuite en carbonate de baryte, qu'on sépare, qu'on lave et qui est ensuite dissous dans une quantité connue d'acide chlorhydrique titré ; l'excès est ensuite déterminé volumétriquement par une solution titrée de soude ou de potasse.

Réactifs utilisés. — *Chromate neutre de potasse* cristallisé pur, finement pulvérisé.

Chromate d'argent. On le prépare en précipitant 5 gr. de nitrate d'argent dissous dans 25 cm^3 d'eau distillée par 3 gr. de chromate neutre de potasse dissous dans 50 cm^3 d'eau distillée. On décante, filtre et lave à fond le précipité formé sur un filtre poreux en verre d'Iéna. On le sèche ensuite dans le filtre.

Sulfate de soude anhydre pur finement pulvérisé.

Ces trois réactifs sont conservés dans de petits flacons en verre à col large *bouché à l'émeri.* Ceci met à l'abri

d'une cause d'erreur possible due à la chute d'un fragment de liège invisible macroscopiquement, provenant du bouchon et qui suffirait à fausser les résultats.

Solution de potasse, environ 2 N, rigoureusement décarbonatée. — On dissout dans un litre d'eau distillée 150 gr. de potasse pure. Le dégagement de chaleur est suffisant pour échauffer la solution ; on ajoute alors progressivement une solution faite à chaud et bouillante de 10 gr. de *baryte hydratée pure cristallisée* (Poulenc). La précipitation floconneuse du carbonate de baryte est immédiate et la sédimentation du précipité commence aussitôt. On ajoute de la baryte tant qu'il se fait un précipité et on en ajoute finalement un petit excès. Pour conserver cette solution à l'abri de l'acide carbonique de l'air, et pouvoir l'utiliser facilement, la solution claire est décantée, filtrée sur coton de verre et mise dans un flacon à dessécher les gaz. On s'assure à ce moment sur un échantillon que la solution renferme un petit excès de baryte ; on acidifie par de l'acide chlorhydrique et on ajoute quelques gouttes soit d'acide sulfurique, soit d'une solution de sulfate ; il doit se former un léger précipité. L'ouverture supérieure du flacon où l'on met la solution est fermée par un bouchon de caoutchouc portant un tube de garde à chaux sodée ; la tubulure inférieure est en communication avec une burette de 10 cm^3 divisée en dixièmes, par l'intermédiaire d'un tube soudé latéralement à sa partie inférieure ; cette burette est munie d'une garde à chaux sodée à sa partie supérieure. La communication entre le flacon réservoir et la burette est assurée par un tube de caoutchouc que l'on peut fermer par une pince à pression.

Acide sulfurique concentré pur conservé dans un flacon bouché à l'émeri, *non graissé*. La condition capitale de l'attaque argento-sulfo-chromique est l'emploi d'un acide sulfurique pur, au maximum de concentration, aussi voisin que possible de la composition H_2SO_4. Si cette condition est remplie, le dégagement d'oxygène qui

termine l'opération se fait sans soubresaut ; celui-ci est, au contraire la règle dès qu'il y a une trace d'humidité.

Ayant constaté que l'acide sulfurique concentré pur du commerce nous donnait toujours une constante de correction assez élevée (Cf. page 66) nous avons demandé à notre fournisseur de nous le livrer en ampoules scellées de 500 gr. ; nous avons eu ainsi une constante de correction plus faible.

Solution de chlorure de baryum à 10 p. 100.

Solutions de potasse N/20 et d'acide chlorhydrique N/20 colorées au rouge de méthyle.

Technique du dosage. — A) *Préparation de l'urine pour l'attaque argento-sulfo-chromique.* — Dans le tube à essais *T* de la figure 5 on introduit 0 cc.,3 d'urine, mesurés avec une pipette graduée en centièmes. On ajoute ensuite successivement 50 à 60 mg. de chromate d'argent, 300 de chromate neutre de potasse et 600 de sulfate de soude. Pour chacun de ces réactifs il est pratique d'utiliser une micro-mesure, petite cupule de verre de dimension convenable soufflée à l'extrémité d'un tube et dont on détermine une fois pour toutes la capacité par pesée (appareil de Nicloux pour le dosage du carbone) figure 5.

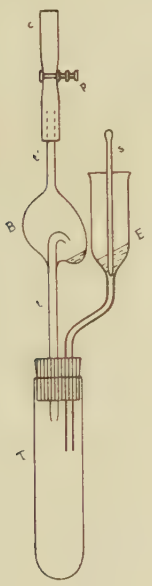


Figure 5.

Appareil de Nicloux pour le dosage du Carbone.

D'autre part on introduit dans la boule *B* par l'intermédiaire d'un petit tube de caoutchouc fixé à l'extrémité de la burette, et placé sur la partie *t'* du tube tBt' 0,4-0,5 cc. de la solution de potasse 2 N, rigoureusement exempte de carbonate.

On bouche le tube *T* avec son bouchon de caoutchouc déjà muni de l'en-

tonnoir *E* avec sa soupape *S* et on y adapte ensuite le tube *tBt'* dont on fait pénétrer en forçant, l'extrémité humectée d'un peu d'eau, dans le trou du bouchon qui lui est réservé.

Par un petit tube de caoutchouc *c* on met alors l'appareil en communication avec une bonne trompe à eau et on fait le vide dans l'appareil. Quand le vide est obtenu on ferme la pince *p* et on rompt la communication avec la trompe. L'appareil ainsi clos se maintiendra vide d'air à condition que la tige à soupape S, fermant, par rôdage à l'émeri, l'entonnoir *E* ait été lubrifiée avec une trace d'acide sulfurique concentré (1).

On plonge le tube *T* dans un bain-marie d'eau bouillante. La distillation du faible volume d'urine utilisé (0,3 cc.) est très rapide grâce au vide qui règne dans l'appareil ; le contenu du tube est desséché en quelques instants. L'eau se condense dans la boule *B* que l'on peut refroidir par un jet de pissette. On retire alors le tube du bain-marie, on place l'appareil sur un support spécial, en l'inclinant légèrement et on le laisse refroidir. Il est commode d'utiliser un dispositif constitué par une plaque d'aluminium, présentant une encoche qui permet d'introduire le tube *t* sans laisser passer la boule *B*. Une petite glissière, faisant corps avec la plaque et sur laquelle s'appuie le tube t, permet d'incliner tout l'appareil à l'angle désiré.

B) *Attaque argento-sulfo-chromique ; combustion proprement dite.* — Par le tube à entonnoir *E*, on introduit 5 cc. d'acide sulfurique concentré ; un trait de jauge placé sur l'entonnoir *E* permet d'effectuer cette mesure

(1) Pour éviter une cause d'erreur possible dûe à la chute d'une goutte d'acide sulfurique en excès au moment où on fait le vide, ce qui risque de provoquer une perte de CO_2, nous avons l'habitude de faire égoutter cet excès en plaçant l'entonnoir et son bouchon sur un tube identique au tube laboratoire et en aspirant à la trompe par l'intermédiaire d'un petit tube de verre mis dans l'autre trou du bouchon, à la place qu'occupera la boule. Nous aspirons jusqu'à ce que, la tige S étant soulevée, il n'apparaisse plus de goutte d'acide à l'extrémité de la tige de l'entonnoir ; la quantité d'acide qui reste est suffisante pour lubrifier le rôdage.

avec une précision suffisante. On soulève légèrement *S* et l'acide descend dans le tube *T* ; le mélange sulfochromique, dont l'action est renforcée par le chromate d'argent, attaque immédiatement la masse carbonée. Le sulfate de soude favorise la réaction en élevant le point d'ébullition. On chauffe très doucement avec *la veilleuse d'un bec de gaz* ; l'acide carbonique se dégage. Il est bon à ce moment de retirer l'appareil de son support et de promener la potasse sur toute la surface de la boule. Après quelques minutes le dégagement gazeux diminue, puis paraît cesser. Là est le seul point délicat de l'opération : il faut, en effet, éviter tout soubresaut (si un soubresaut amène le mélange sur le bouchon de caoutchouc, l'analyse est perdue) en chauffant doucement, mais cependant chauffer suffisamment pour provoquer un dégagement d'oxygène aux dépens de l'acide chromique ; ce dégagement, une fois amorcé, devient régulier, vif, et balaie dans le tube *T* les dernières traces de gaz carbonique qu'il peut contenir et les entraîne vers la boule. On recommencera à renouveler les surfaces dans la boule B en agitant doucement l'appareil comme plus haut.

Le contenu du tube tend à verdir, la pression dans l'appareil reste négative, comme on peut s'en assurer par l'abaissement du niveau de l'acide sulfurique dans le tube à entonnoir *E*, quand on soulève légèrement la soupape *S*.

Après une dizaine de minutes, le dégagement de l'oxygène ayant à son tour cessé, le contenu du tube est devenu vert. En effet le chromate d'argent et le chromate de potasse ont été décomposés en donnant naissance à du sulfate de sesquioxyde de chrome vert, quelquefois même à un précipité grisâtre qui serait le sulfate $(SO_4)_3$ Cr_2, SO_4H_2 et qui rend le liquide trouble. Quelques vapeurs blanches d'acide sulfurique peuvent se former au-dessus du liquide et ont tendance à pénétrer dans le tube *t*, ce qui est sans inconvénient, même si elles arri-

vaient en petite quantité jusque dans la boule *B*. L'attaque étant terminée, on ouvre doucement la pince *p* si la pression est positive ; si elle est négative, on peut mettre l'extrémité *t'* en communication avec un tube à chaux sodée de manière à ne faire entrer dans l'appareil que de l'air privé de gaz carbonique.

Le dosage de l'acide carbonique absorbé par la potasse de la boule *B*, se poursuit alors de la manière suivante.

C) *Précipitation de l'acide carbonique de la solution alcaline à l'état de carbonate de baryte.* — Le tube à boule *tBt'* est retiré du bouchon de caoutchouc et placé à peu près horizontalement. Avec une pissette on introduit de l'eau distillée dans la partie du tube *tBt'*, *mais sans la faire passer dans la boule* ; on s'en débarrasse alors totalement en redressant le tube ; on recommence une seconde fois. Cette opération permet d'éliminer les très petites quantités d'acide sulfurique qui ont pu parvenir sous forme de vapeurs jusqu'en t et s'y condenser (1).

Le tube *tBt'* est alors renversé et son extrémité *t'*, libérée du tube en caoutchouc *C*, est engagée dans un tube à centrifugeur à extrémité conique. La solution potassique s'écoule, quitte la boule et pénètre dans le tube. Sans rien changer à la position renversée du tube *tBt'*, on adapte à la partie t un tube de caoutchouc en communication avec un récipient d'eau distillée légèrement surélevé dans lequel n'entre que de l'air privé d'anhydride carbonique. (Le récipient porte un tube de garde de chaux sodée à la partie supérieure).

Le lavage est particulièrement efficace, si l'on s'arrange pour que la partie étirée du tube t, qui pénètre dans la boule B, soit recourbée vers le haut : l'eau de lavage douche la paroi opposée et se répand sur toute

(1) Nous avons l'habitude de laver cette partie avec de l'eau légèrement alcalinisée avec de la soude contenant du rouge de méthyle, jusqu'à ce qu'elle reste jaune, en général un ou deux lavages au plus suffisent, puis à rincer avec de l'eau distillée privée de gaz carbonique.

la surface de la boule pour se réunir finalement dans le tube *t'* et tomber dans le tube de centrifugation. Ayant lavé une première fois avec 2 ou 4 cm^3 on répète cette opération deux fois encore. Le tube se trouve rempli à 3 cm. du bord environ ; on le bouche avec un bouchon de liège ne fermant pas hermétiquement. On le plonge alors sans l'agiter (la solution alcaline plus dense reste au fond) dans un bain-marie d'eau bouillante et on attend trois minutes. D'autre part on fait bouillir 2 à 2,5 cm^3 de la solution de chlorure de baryum. On retire le tube du bain-marie, on le maintient vertical dans un support approprié et avec un agitateur en verre on rend homogène le contenu. On observe un petit dégagement d'un gaz, oxygène ou azote, vraisemblablement plus soluble dans la solution alcaline que dans l'eau et dont on ne tient aucun compte. La dissolution aqueuse de chlorure de baryum, bouillante est alors versée dans le tube, on agite le tout avec le petit agitateur qui était resté dans le tube, on le retire en le lavant par un jet de micropissette, on bouche le tube comme précédemment et on attend une minute. La précipitation quasi immédiate du carbonate de baryte, est suivie d'un début de sédimentation et le liquide de la partie supérieure du tube s'éclaircit, mais en même temps un peu de précipité grimpe le long de la paroi jusqu'au bord du tube, on s'en débarrasse par quelques gouttes d'alcool versées le long de la paroi. On rebouche le tube.

D) *Centrifugation et lavage du précipité de carbonate de baryte.* — Placer le tube dans une petite centrifugeuse à main et centrifuger pendant 40-50 secondes. Le carbonate de baryte, très dense est bloqué au fond du tube et on peut, sans la moindre crainte de perte se débarraser du liquide par simple renversement du tube ; un peu de papier filtre mis au contact avec le bord du tube, une fois le liquide écoulé, permet d'en éliminer la dernière goutte. On remplit alors le tube soit avec de l'eau bouillante, soit avec de l'eau très chaude, légèrement

ammoniacale (XX gouttes d'une solution d'ammoniaque à 10 p. 100 pour 500 cm³ d'eau distillée) contenue dans une pissette placée à demeure sur un bain-marie bouillant.

Avec un agitateur, on remet soigneusement le carbonate de baryte en suspension ; on lave l'agitateur à l'eau distillée, on verse quelques gouttes d'alcool le long de la paroi pour faire disparaître le carbonate de baryte qui tend à nouveau à grimper et on centrifuge une seconde fois pendant 30 secondes. On décante comme précédemment et, de nouveau, on remet le précipité en suspension, non plus dans l'eau ammoniacale ou l'eau chaude, mais dans de l'eau distillée froide. On centrifuge une troisième et dernière fois pendant 30 secondes et on décante l'eau de lavage également pour la dernière fois.

E) *Dissolution du carbonate de baryte et titration en retour.* — On mesure alors très exactement, avec une pipette contrôlée, 10 cm³ d'acide chlorhydrique N/20, on les fait écouler dans le tube du centrifugeur, on remet en suspension le carbonate de baryte, qui se dissout entièrement ; on peut aider cette dissolution si le précipité est abondant, par l'immersion du tube pendant quelques instants dans un bain-marie bouillant.

La dissolution terminée, le liquide étant resté rouge, on fait passer quantitativement le contenu du tube dans un petit Erlenmeyer en Pyrex et on porte à l'ébullition. On fait alors tomber d'une burette de 20 cm³ graduée en vingtièmes la solution titrée de potasse N/20 jusqu'à ce qu'une goutte amène un virage du rouge au jaune-serin franc. L'opération dure environ 40 minutes.

Méthode modifiée par G. Fontès et L. Thivolle.

On peut abréger cette méthode sensiblement, sans altérer sa précision en opérant comme le conseillent G. Fontès et L. Thivolle ; c'est la méthode que nous avons employée.

On opère exactement de la manière décrite ci-dessus

jusqu'au moment où la précipitation du carbonate de baryum est opérée. On laisse le précipité se déposer en laissant le tube bouché non hermétiquement au bain-marie deux à trois minutes, en ajoutant un peu d'alcool à la fin si le précipité a grimpé. Pendant ce temps on prépare un filtre d'amiante pour l'appareil à filtration micro-analytique (figure 6).

Un tube de verre F évasé à sa partie supérieure et étiré à sa partie inférieure présente, près de celle-ci, un petit morceau de toile de platine à mailles fines, soudé au chalumeau dans l'épaisseur même du verre (Ch. Volck, constructeur à Strasbourg). Ce tube est enfoncé par sa partie étirée dans un bouchon de caoutchouc et l'ensemble est monté sur une fiole à vide V_1. Celle-ci est reliée à une seconde fiole analogue par du caoutchouc à vide et par l'intermédiaire d'un tube en verre coudé enfoncé dans l'un des trous d'un bouchon en caoutchouc à deux trous. L'autre trou porte un robinet R dont l'ouverture réglable permet une plus ou moins grande entrée d'air dans l'appareil et de régler à volonté la vitesse de filtration. L'ensemble de l'appareil est mis en communication avec une trompe à eau.

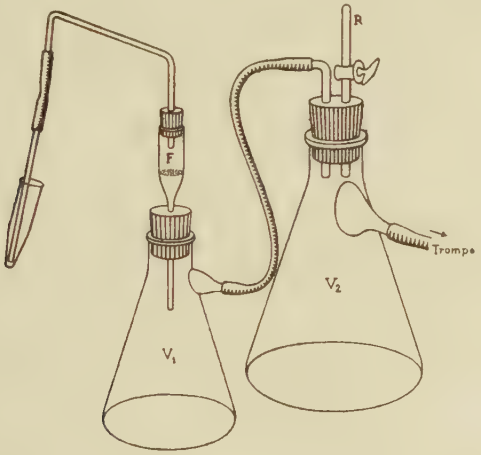


FIGURE 6.

Filtration.

Pour utiliser cet appareil de filtration on garnit d'amiante la toile de platine. Il faut utiliser de l'amiante en *fibres dures* finement broyée au mortier avec un peu d'eau. Après broyage on lave l'amiante à l'acide chlorhydrique bouillant, puis à plusieurs reprises à l'eau distillée jusqu'à disparition de toute réaction acide. On conserve le produit ainsi préparé dans de l'eau distillée.

Pour préparer le filtre, on met l'amiante en suspension dans l'eau et on en verse une certaine quantité dans l'appareil sans faire le vide ; on établit ensuite graduellement l'aspiration de manière que l'amiante se tasse *sans lacune* sur la toile de platine. On dépose ainsi une couche d'amiante de un cm. environ d'épaisseur. On met alors un bouchon en caoutchouc portant un tube de verre deux fois courbé à angle droit.

On aspire le liquide et le précipité arrive sur l'amiante. Puis on rince le tube où s'est faite la précipitation avec de l'eau distillée contenant de l'ammoniaque dans les mêmes proportions que dans la méthode de Nicloux originale décrite plus haut. On lave ainsi deux fois le précipité. On fait de même deux fois avec de l'eau distillée. On enlève le bouchon de caoutchouc portant le tube de verre et on le rince en même temps que les parois de l'entonnoir avec de l'eau distillée. On renverse l'entonnoir sur un petit Erlenmeyer contenant 10 cm^3 d'acide chlorhydrique titré N/20 exactement mesurés ; on souffle par l'extrémité effilée de l'entonnoir ce qui fait tomber l'amiante et le précipité dans l'acide ; on rince avec un peu d'eau distillée. Avant de titrer l'excès d'acide par la soude titrée, il faut faire bouillir avec soin le précipité de carbonate de baryum pour le dissoudre. Pour s'assurer que tout est bien dissous, il suffit de soulever le récipient dans lequel on fait la dissolution : le précipité formant des grains très lourds tombe au fond et on voit bien ainsi s'il en reste même une très petite quantité. On titre ensuite à la soude.

Constante de correction. — Les échantillons commerciaux d'acide sulfurique même les plus concentrés et les

plus incolores renferment toujours de petites quantités de substances organiques qui faussent le dosage. On peut diminuer cette quantité en achetant l'acide en ampoules scellées.

Il faut faire un dosage à blanc, conduit comme le dosage lui-même, avec les mêmes quantités de réactifs que pour le dosage lui-même pour connaître l'erreur due aux impuretés de ceux-ci ; cette erreur est une constante de correction K évaluée en cm^3 de potasse, qui reste valable tant que les réactions utilisées sont les mêmes.

Calcul de l'analyse. — Soit *n* le nombre de cm^3 de potasse utilisés pour neutraliser l'excès d'acide chlorhydrique. Si la soude correspond exactement à l'acide N/20 la quantité d'acide chlorhydrique consommé correspondant au carbonate de baryum est *10-n*.

Comme l'acide carbonique est divalent une solution normale contiendrait donc une quantité de cet acide contenant 6 grammes de carbone. Chaque cm^3 d'acide chlorhydrique N/20 consommé correspond donc à 0,3 milligramme de Carbone.

On a donc : Carbone en milligrammes contenu dans la prise d'essai : $(10 - n) \times 0{,}3$.

Si *K* est la constante de correction déterminée avec les réactifs seuls, le chiffre exact du carbone dans 0,3 cm^3 d'urine est donné en milligrammes par la relation

$$[(10 - n) - K] \times 0{,}3$$

Par *litre d'urine et en grammes* le carbone est exprimé par :

$$10 - n - K$$

Telle qu'elle est décrite, cette méthode permet de doser des quantités de carbone inférieures ou égales à 3 milligrammes par prise, donc au plus égales à 10 grammes de carbone par litre.

Pour des valeurs plus élevées on fera subir à l'urine des dilutions convenables *mais on opérera toujours sur 0,3 cm^3 de cette dilution.*

Nous avons fait quelques essais de dosage en employant la méthode de dosage de Nicloux modifiée par Fontès et Thivolle en partant de solutions titrées.

Solution de monochlorhydrate d'histidine pure Roche $C_6H_9O_2N_3HCl$, H_2O, faite extemporanément en pesant 1 g.,455 du produit et en le dissolvant dans de l'eau distillée pour avoir 10 cm³ de solution. Une telle solution correspond *à 5 gr.* de carbone par litre. Nous avons opéré comme pour l'urine sur 0,3 cm³.

cm³ de soude utilisés	Essai à blanc	Carbone par litre	Erreur relative
5,20	0,26	4,94	— 1,2 p. 100
5,30	0,26	5,04	+ 0,8 —
5,25	0,26	4,99	— 0,2 —
5,30	0,26	5,04	+ 1,2 —
5,22	0,29	4,96	— 0,8 —

Moyenne des essais : *4,996.*

Solution d'urée correspondant à 1 g.,20 par litre.

2,00	0,80	1,20
2,05	0,80	1,25
1,97	0,80	1,17

Moyenne : *1,203.*

Dosage de l'azote total des urines.

Principe de la méthode. — Les composés organiques de l'azote, chauffés avec de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur sont décomposés et leur azote se transforme quantitativement en sulfate d'ammonium. Pour doser cette ammoniaque, on la déplace par de la soude, on la distille dans un appareil convenable, on la reçoit dans un volume connu d'acide chlorhydrique titré et on détermine l'excès de cet acide par de la soude correspondante.

Réactifs. — *Acide sulfurique concentré pur,* exempt d'ammoniaque.

Mélange composé de parties égales de sulfate de potassium et de sulfate de cuivre pulvérisés comme catalyseur.

Lessive de soude à 30 p. 100 (d = 1,33).

Solution d'acide chlorhydrique N/70.

Solution de soude N/70.

On part d'une solution titrée d'acide chlorhydrique N/7 préparée en pesant exactement une quantité de carbonate ou de bicarbonate de soude purs. Avec cette solution on titre une solution de soude correspondante en présence de rouge de méthyle (acide p-diméthylaminoazobenzène-orthocarbonique) rouge en milieu acide et jaune en milieu alcalin.

Il suffit de diluer ces solutions 10 fois avant usage.

Technique. — On introduit un cm^3 d'urine diluée 10 fois dans un petit matras en Pyrex d'une capacité de 15 cm^3 environ. On ajoute deux cm^3 d'acide sulfurique pur et environ 0,5 gr. du mélange catalyseur mesuré avec une cuillère. On chauffe doucement à l'ébullition ; après quelques minutes le liquide, d'abord noir devient bleu, transparent ; on chauffe alors une heure ; après ce temps la transformation de l'azote en sulfate d'ammonium est terminée. Le liquide est incolore.

Nous avons utilisé l'appareil à distillation de Parnas et Wagner (figure 7) qui permet de faire rapidement des dosages en série.

Pour utiliser l'appareil on chauffe le ballon E, contenant de l'eau, jusqu'à ébullition et on laisse s'écouler librement la vapeur par la partie inférieure de V. On verse en *e* le liquide acide provenant de la kjeldahlisation, légèrement dilué, puis l'eau avec laquelle on rince le matras. On plonge l'extrémité du tube en quartz Q dans un petit erlenmeyer en Pyrex contenant 10 cm^3 exactement mesurés d'acide chlorhydrique N/70. On verse ensuite par *e* 10 cm^3 de lessive de soude à 30 p. 100 en fermant rapidement e et V ; on chauffe le ballon A et on distille ainsi l'ammoniaque dans un courant de

vapeur d'eau. En trois minutes la distillation est terminée ; on enlève alors l'erlenmeyer contenant l'acide chlorhydrique qui a capté l'ammoniaque et on éloigne les becs de gaz qui chauffaient A et E. Le contenu du ballon A est aspiré dans le récipient V, on introduit de l'eau distillée par *e* pour rincer le ballon A, à plusieurs reprises, elle est également aspirée en V. L'appareil est près pour un nouveau dosage. Il suffit d'ouvrir le robinet de V pour le vider.

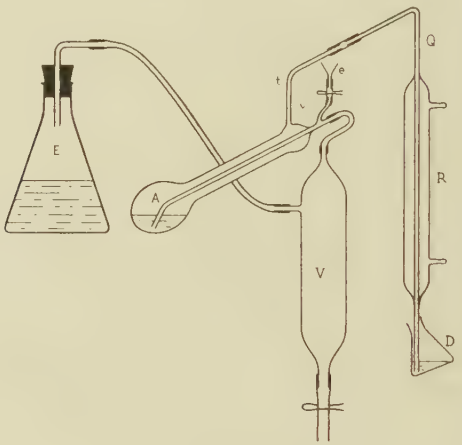


FIGURE 7.

Appareil de PARNAS et WAGNER.

Dosage. — L'excès d'acide chlorhydrique est titré par de la soude correspondante en présence de rouge de méthyle. La solution vire du rouge au jaune. On utilise pour cela une burette de 10 cm^3 graduée en 1/20. Pour que le virage soit stable il faut, en titrant, faire bouillir le liquide de manière à chasser le gaz carbonique dissous.

Calcul de l'analyse. — Si *n* est le nombre de cm^3 de soude utilisés la quantité d'azote de la prise d'essai est donnée par $(10 - n) \times 0{,}2$ en milligrammes.

Une molécule d'acide chlorhydrique correspond à une molécule gramme d'ammoniaque ou à 14 grammes dazo-

te, donc un cm³ de solution N/70 correspond à 0,2 milligrammes d'azote.

La plus petite quantité d'azote mesurable par cette méthode est de 0,002 milligrammes.

Enregistrement des variations de la lumière.

Entre les deux cages, placées en face de la fenêtre, et au-dessus d'elles se trouve une cellule photo-électrique, qui reçoit la lumière en même temps que les animaux.

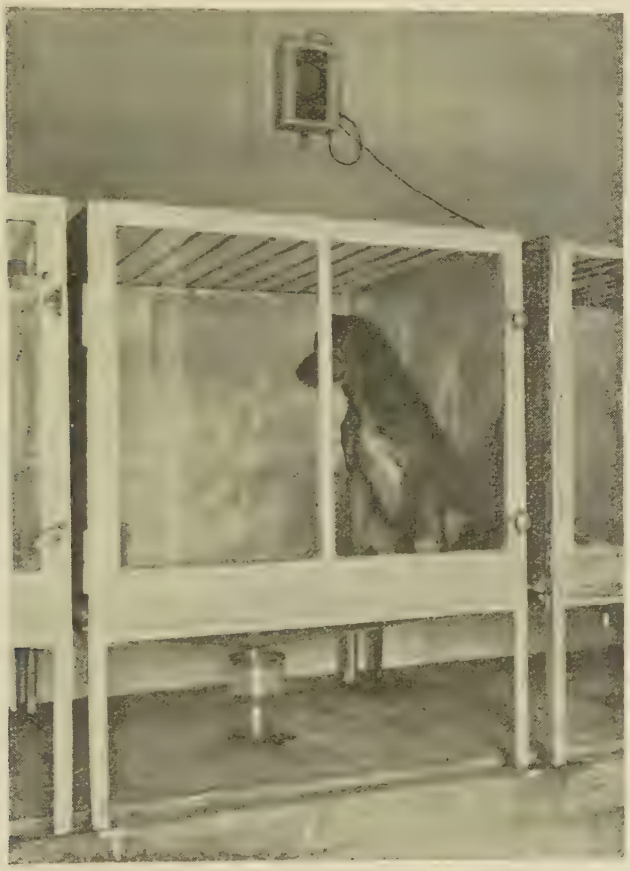


FIGURE 8.

Vue d'une des cages utilisées. On remarque au-dessus la cellule photoélectrique.

La cellule donne une quantité d'électricité variable, suivant l'intensité des rayons lumineux qui la frappent. Un fil électrique la relie à un appareil enregistreur monocourbe Chauvin-Arnoux, à pointés, placé dans une pièce voisine. Cet appareil (figure 9) se compose de deux parties :

1) Une partie reçoit les indications de la cellule photoélectrique et les transmet à une aiguille mobile le long d'une échelle graduée marquée de 0 à 100.

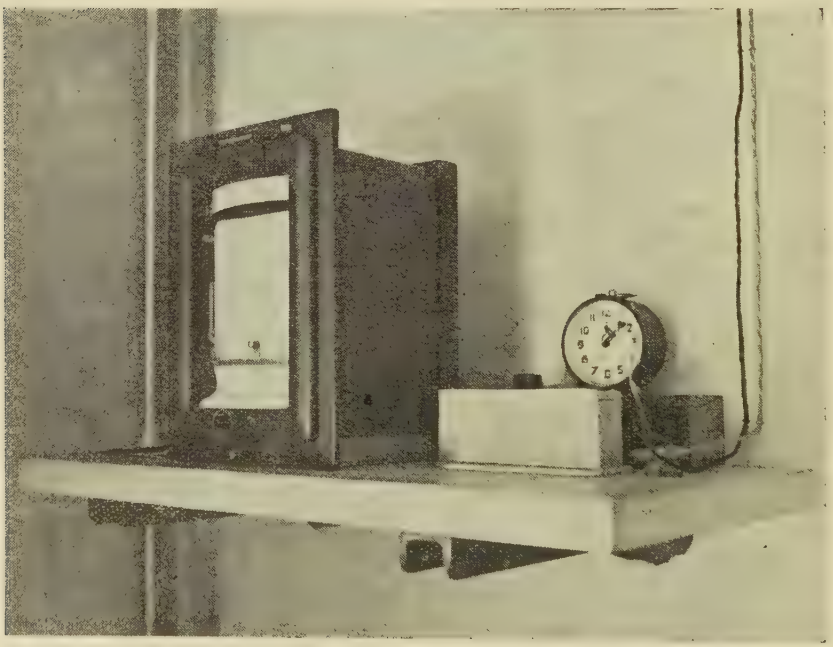


Figure 9.

Vue de l'appareil enregistreur. On voit à côté le potentiomètre et l'appareil à déclenchement automatique.

2) Une partie mécanique, constituée par un moteur électrique libère l'aiguille indicatrice toutes les 30 secondes, et entraîne la feuille de papier à la vitesse de 30 mm. par heure.

Cet appareil donne les valeurs relatives de la lumière reçue ; avant de commencer les expériences il a été étalonné en unités arbitraires de la façon suivante : une lampe électrique a été placée devant la cellule photoélectrique à une distance convenablement choisie, assez grande, pour que l'aiguille fasse un pointé au 100 de l'échelle, puis, laissant la lampe immobile, on a déterminé les positions du potentiomètre de réglage de telle sorte que l'appareil marque alors, 80, 60, 40, 20. Entre chaque mesure on a vérifié que, le potentiomètre étant à 0, l'appareil indiquait bien 100. Ces positions particulières ont été marquées sur une échelle de carton, fixée sur le potentiomètre. Par une journée de luminosité faible, on plaçait le potentiomètre à la position pour laquelle la lampe avait donné 100 ; par une journée claire, ensoleillée, on le plaçait aux positions correspondant à 80, 60 ou 40, afin que le tracé de la courbe se trouve toujours dans les limites du papier.

L'appareil donne des courbes analogues à celle représentée sur la figure 10, elle est constituée de points, quand ils sont très rapprochés, c'est-à-dire lorsque dans un intervalle de temps donné, la lumière a peu varié, on a une portion de courbe continue. Pendant des journées claires la courbe présente un aspect simple ; elle monte assez rapidement le matin, reste en plateau toute la journée et décroît le soir jusqu'à 0 et ceci assez rapidement ; par contre pendant les jours où le temps est couvert, où des rayons de soleil percent entre des averses elle a un aspect accidenté, souvent très compliqué.

Sur cette courbe l'abscisse représente l'intensité de la lumière et l'ordonnée, le temps, Pour avoir la quantité totale de lumière reçue dans la journée par la cellule et, par conséquent par les animaux, il nous suffisait d'évaluer, en unités arbitraires, la surface limitée par cette courbe. Pour le faire nous avons découpé minutieusement, à l'aide de fins ciseaux, les contours de la courbe, coupé le long du trait séparant la partie graduée du pa-

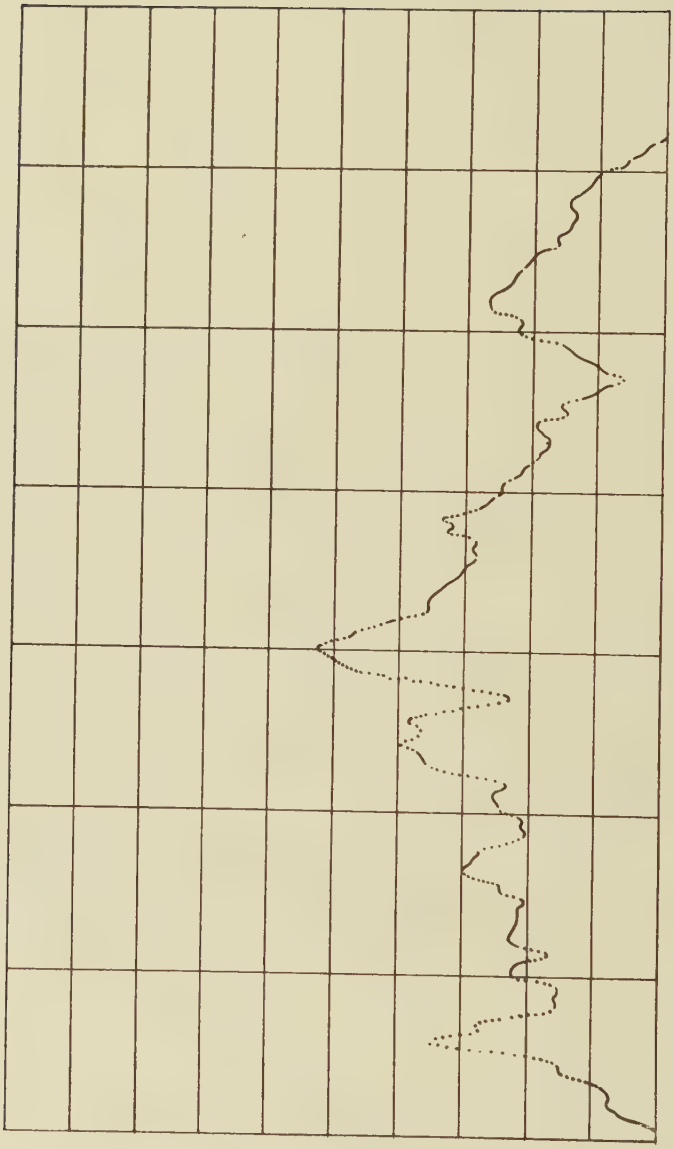


FIGURE 10.
Courbe enregistrée par l'appareil.

pier des marges perforées, et pesé ce découpage à l'aide d'une balance de précision au 1/10 de milligramme. Il fallait ensuite, éventuellement, multiplier cette quantité par un coefficient convenable suivant l'indication choisie sur le potentiomètre.

Nous avons vérifié que l'appareil, marchant pendant les périodes d'obscurité, indiquait constamment 0, même pendant les journées les plus ensoleillées.

D'autre part, pour que nos animaux profitent largement de la lumière dès le matin, les persiennes étaient laissées ouvertes pendant la nuit. L'appareil enregistreur, ainsi que sa bonne marche l'exige, ne fonctionnait pas pendant la nuit ; en effet quand le papier déroulé atteint une certaine longueur, il s'enroule mal, ce qui risque de provoquer l'arrêt de l'enregistrement et par suite, une erreur souvent importante, la lumière reçue le matin n'étant pas enregistrée jusqu'au moment où on remettait l'appareil en marche.

Ayant vérifié que la lumière du clair de lune était insuffisante pour impressionner l'appareil, nous avons utilisé un appareil à déclenchement automatique, constitué, très simplement, par un réveil dont on a supprimé le verre et l'aiguille des minutes. Sur l'aiguille des heures a été placé un petit interrupteur à mercure S. R. P. I. Cet interrupteur est mis en connection avec le moteur de l'appareil enregistreur, de telle sorte que, vers trois heures et demie du matin, l'aiguille, devenant oblique, le mercure coule vers l'autre extrémité de la petite ampoule de verre, entre en contact avec un fil de platine, ferme le circuit et met en marche le moteur. Il suffit avant 9 heures, de mettre le réveil en dehors du circuit du moteur pour éviter l'arrêt, au moment où l'aiguille passe dans la partie supérieure du cadran. L'après-midi on le remet dans le circuit et le moteur s'arrête alors à 21 heures (moment où, même en été, comme nous l'avons vérifié, la lumière reçue ne suffit plus à impressionner l'appareil), pour se remettre en marche vers 3 heures.

Alimentation des animaux.

Elle est identique à celle de l'expérience précédente.

Dosage de l'azote du lait.

Nous avons, à plusieurs reprises dosé la teneur *en azote du lait*, en opérant comme pour les urines sur un cm^3, après avoir dilué le lait 10 fois et en laissant la kjeldahlisation se faire pendant 4 heures.

Voici les résultats :

Date	Azote par litre en g.
9 avril	4,90
7 mai	4,60
3 juin	5,10
20 juin	5,20
19 juillet	5,16
Moyenne	*4,99*

Dosage de l'azote du pain.

Nous avons dosé aussi *l'azote du pain* : Dans ce but nous avons pris un morceau de pain de 100 à 150 grammes, nous l'avons coupé aux ciseaux en morceaux aussi petits que possible, et ceci le plus rapidement possible ; puis nous avons bien mélangé le tout et prélevé un échantillon de 5 grammes, exactement pesé, dans un creuset de Pyrex mis ensuite à l'étuve à 105°-108° pendant 24 heures et repesé ; la différence de poids donne la perte d'eau. Des pesées faites au bout de 1, 2, 3 jours ont montré qu'un séjour de 24 heures dans l'étuve était suffisant :

Après 1 jour	3 g.,2050
Après 2 jours	3 g.,2040
Après 3 jours	3 g.,2045

En même temps que l'échantillon sur lequel nous avons dosé l'eau, nous avons mis à l'étuve dans une grande capsule tous les morceaux de pain provenant de la même tranche ; nous avons ensuite pulvérisé le

tout au mortier, aussi finement que possible, bien mélangé et dosé l'azote sur un échantillon de cette poudre. 0 g.,5 exactement pesés sont chauffés pendant 4 heures avec 10 cm³ d'acide sulfurique concentré et du mélange de sulfate de cuivre et sulfate de potassium ; le dosage est fait sur la cinquième partie. Voici des résultats :

15 juin. — Diminution de poids de l'échantillon de 5 grammes :

3,2050
3,1685 Moyenne : 3,18
Poids sec : 36 g.,3 p. 100 grammes de pain frais.
Azote : 0 g.,700 p. 100 grammes de pain frais.

9 juillet. — Diminution de poids de l'échantillon :

3,2896
3,2715 Moyenne : 3,28
Poids sec : 34 g.,40 p. 100 grammes de pain frais.
Azote : 0 g.,688 p. 100 grammes de pain frais.

On peut prendre comme valeur moyenne 0 g.,7 d'azote pour 100 g. de pain frais.

L'alimentation de nos chiens leur fournit donc tous les jours, en azote :

750 cm³ de lait (5 g. d'azote par litre).....	3 g.,75
200 g. de pain (0 g.,7 d'azote par 100 g.).....	1 g.,40
soit environ	5 g.,15

Azote des matières fécales.

Nous avons voulu connaître l'ordre de grandeur de l'azote éliminé par les matières fécales. Nous avons dosé cet azote fécal sur un chien placé dans les mêmes conditions que celles de l'expérience, à l'obscurité, et à la lumière.

A l'obscurité. — Chien de 10 kg.,520.

Quantité d'urine éliminée en trois jours : 1.550 cm³. Analysée comme d'habitude elle a montré une teneur en azote de 5,65 par litre, ce qui correspond à une élimination d'azote de 17,515, soit de 5 g.,838 par jour. En

même temps le poids sec des matières fécales éliminées a été de 51 grammes. La substance sèche a été pulvérisée au mortier, puis passée par un tamis de soie ; nous avons pesé exactement 0 g.,5 de cette substance soigneusement mélangée, puis nous l'avons chauffée pendant 4 heures avec 10 cm^3 d'acide sulfurique et le mélange des sulfates de cuivre et de potassium ; nous avons enfin dosé l'azote sur la cinquième partie de la prise (0 g.,1). La prise contenant 1 mg.,6 d'azote, l'élimination par les matières fécales de ce constituant a donc été de 0,816 pour les trois jours, soit 0,272 par jour, ce qui fait par rapport à l'élimination totale 4,4 p. 100.

Lumière. — Le même animal à la lumière a émis 1700 cm^3 d'urine contenant 12 g. d'azote par litre soit, pour 4 jours 20 g.,4 et par jour 5 g.,1. Le poids sec des matières fécales a été de 60 g., elles contenaient 1 mg.,7 d'azote par prise ce qui correspond à 0 g.,232 par jour soit, par rapport à la quantité totale éliminée 4,5 p. 100.

Résultats.

Nous ne donnerons pas tous les résultats quotidiens pour nos deux chiens ; ces résultats détaillés nécessiteraient 5 tableaux de chiffres pour chaque chien, correspondant aux 5 périodes expérimentales. Nous donnerons seulement les moyennes établies tous les 10 jours dans des tableaux.

Chacun des chiffres de ce tableau représente la moyenne de 20 autres (les dosages étant toujours faits en double) et dans le cas de la température chaque donnée est la moyenne de 40 valeurs.

Evolution du poids des chiens.

Chien Nén. — Pendant la période I (49 jours) à l'obscurité, le poids moyen de ce chien a été de 10 kg.,1. La variation maxima de poids, pendant cette période est de 3,8 p. 100.

Pendant la période II, période de faible luminosité (du 16 décembre au 11 février) le poids moyen s'est maintenu à 10,034 valeur pratiquement égale à la précédente.

Pendant la période III le poids s'est encore maintenu à la même valeur ; le maximum d'écart entre les poids des périodes de 10 jours est de 3,9 p. 100. Pendant la période IV du 27 avril au 15 juin, période de forte luminosité, le poids a, au contraire, fortement augmenté, de 10,14 à 11,44 soit de 12,8 p. 100 de sa valeur initiale.

Il faut noter la rapidité avec laquelle se fait cette augmentation du poids : en quelques jours il s'élève à 11 kg., puis, 10 jours après à 11,5, puis pendant trente jours se maintient vers 11,6.

La V[e] période commence le 15 juin, jour où le chien a été mis à l'obscurité ; le 19 il ne pesait déjà plus que 11,1 et les moyennes de son poids, 11,150-10,800-10,700 présentent une tendance à la baisse. Malheureusement les circonstances ne nous ont pas permis de prolonger plus longtemps ces expériences, comme nous l'aurions désiré, pour voir si le chien reprendrait rapidement un poids voisin de 10 kilog, ou, au contraire s'il se maintiendrait à un niveau plus élevé.

Chien Bé. — On pourrait, pour ce chien, répéter à peu près ce qu'on vient de dire pour l'autre avec cependant, des différences de détails. Ici, pendant la période II (faible lumière) le poids a légèrement augmenté, 9,1 à 9,5 soit de 4 p. 100 de son poids initial.

Pendant la période d'obscurité qui suit (III) le poids de ce chien s'est maintenu à la valeur moyenne de 9,6 avec un écart maximum de 2,4 p. 100 entre les valeurs correspondant aux moyennes de 10 jours.

Pendant la période IV de forte luminosité, comme pour l'autre chien, on note une augmentation rapide du poids qui passe progressivement du 29 avril au 7 mai de 10 kilog. à 10,6, puis cette augmentation se poursuit jusqu'à atteindre le poids maximum de 11,7. Le poids moyen de 11 kilog. de cette période représente une augmentation de 22 p. 100 du poids initial 9,6.

CHIEN Be.

Date	Jours	Poids	C	N	C/N	Poids sec	Température moyenne	Lumière
26 oct.-5 nov. 1936	10	9,083	2,147	2,954	0,72	12,583	13°4	obscurité
6 nov.-15 nov....	10	9,050	1,814	2,472	0,73	9,106	16°	—
16 nov.-25 nov. ...	8	9,270	1,723	2,569	0,67	9,747	17°9	—
25 nov.-5 déc.	11	9,225	1,862	2,530	0,73	9,092	17°7	—
6 déc.-15 déc. ...	10	9,312	1,805	2,578	0,70	7,531	17°6	—
Moyenne I....		**9,188**	**1,870**	**2,620**	**0,71**	**9,612**		
16 déc.-23 déc. ...	8	9,475	1,788	2,227	0,80	7,145	17°5	0,346
3 janv.-12 janv...	10	9,550	1,941	3,105	0,62	8,510	16°5	0,475
13 janvier-22 janv.	10	9,575	1,993	2,786	0,71	7,734	14°6	0,435
23 janv.-1er fév....	10	9,587	1,875	2,650	0,71	8,135	13°	0,929
Moyenne II...		**9,546**	**1,899**	**2,692**	**0,71**	**7,881**		**0,546**
2 fév.-10 fév.	9	9,600	1,977	2,719	0,72	8,887	15°75	obscurité
11 fév -20 fév.	10	9,520	2,002	3,113	0,64	9,427	16°3	—
21 fév.-2 mars. ...	10	9,725	1,966	3,023	0,65	7,502	14°6	—
3 fév.-11 mars....	9	9,750	1,703	2,299	0,74	7,154	17°	—
17 fév.-26 avril....	12	9,560	1,343	2,214	0,64	8,341	15°4	—
Moyenne III..		**9,631**	**1,798**	**2,613**	**0,68**	**8,262**		
27 avril-7 mai.....	10	10,220	1,619	2,590	0,62	9,254	12°8	1,832
8 mai-17 mai.....	10	10,732	1,583	2,371	0,66	8,164	12°6	1,339
18 mai-27 mai.....	10	11,161	1,631	2,895	0,56	8,274	19°4	1,936
28 mai-7 juin.....	11	11,375	0,998	1,499	0,66	5,761	17°9	2,137
8-15 juin.....	7	11,766	1,485	1,888	0,78	6,944	18°8	1,799
Moyenne IV...		**11,051**	**1,463**	**2,248**	**0,65**	**7,679**		**1,808**
16-25 juin.....	9	11,487	2,016	2,822	0,71	11,035	19°5	obscurité
26-5 juillet.....	10	11,210	1,313	1,715	0,76	6,963	18°3	—
6 15 juillet.....	10	11,187	1,429	1,941	0,73	7,580	17°7	—
16-23 juillet.....	8	11,162	1,590	2,332	0,68	7,753	19°3	—
Moyenne V....		**11,261**	**1,586**	**2,202**	**0,72**	**8,333**		

Pendant la période V (période d'obscurité) le poids baisse de 11,7 à 11,1.

Ici encore il aurait été intéressant de prolonger cette expérience.

Le poids moyen, pendant cette dernière période, reste encore supérieur à celui de la période précédente, car la baisse de poids se manifeste moins rapidement que ne l'a fait l'augmentation.

Eliminations d'azote.

Si l'on examine les quantités d'azote et de carbone éliminées quotidiennement, on constate qu'elles sont loin d'être constantes, bien que l'animal ingère tous les jours une ration alimentaire identique.

Par exemple pour le chien Bé. entre le 26 novembre et le 5 décembre, ces éliminations ont, à l'obscurité, les

	Carbone en g.	Azote en g.
26 novembre (2 jours)	4,123	5,486
27 —	1,566	2,070
28 —	1,408	1,901
30 — (2 jours).....	4,596	6,768
1er décembre	1,875	2,444
2 —	1,908	2,828
3 —	1,445	2,652
4 —	1,879	2,446
5 —	1,683	2,242
Moyenne	*1,862*	*2,53*

et, entre le 6 et le 15 décembre, dans les mêmes conditions :

7 décembre (2 jours)	3,971	5,148
8 —	2,302	3,074
9 —	2,508	3,315
10 —	1,207	2,234
11 —	1,521	0,889
12 —	1,818	2,556
14 — (2 jours).....	2,861	6,080
15 —	1,865	2,492
Moyenne	*1,81*	*2,57*

Soit des écarts entre eux importants, mais, pour une durée suffisamment longue, de 8-10 jours les chiffres

CHIEN Nen.

Dates (1936-1937)	Jours	Poids	C/24 h.	N/24 h.	C/N	Poids sec	Température moyenne (°C)	Lumière
26 oct.-5 nov.	10	10,383	1,634	2,378	0,68	14,020	13°45	obscurité
6-15 nov.	10	10,200	1,692	2,756	0,62	10,190	16°	—
16-25 nov.	8	10,076	1,761	2,760	0,64	8,164	17°9	—
26 nov.- 5 déc.	11	10,025	2,139	2,967	0,72	13,467	17°7	—
6-15 déc.	10	10,000	2,161	3,175	0,62	10,292	17°6	—
Moyenne I		**10,136**	**1,877**	**2,807**	**0,67**	**11,020**		
16-23 déc.	8	10,050	1,685	2,358	0,71	5,556	17°5	0,346
4-12 janv.	10	10,087	1,858	3,238	0,57	7,701	16°5	0,475
13-22 janv.	10	9,975	1,793	3,171	0,56	8,731	14°6	0,435
23-1er fév.	10	10,025	1,770	2,850	0,62	7,389	13°0	0,929
Moyenne II		**10,034**	**1,776**	**2,929**	**0,61**	**7,344**		**0,546**
2-10 fév.	9	9,950	2,314	2,813	0,82	12,767	15°75	obscurité
11-20 fév.	10	10,090	1,956	2,980	0,65	13,440	16°3	—
21 fév.-2 mars	10	10,212	1,658	3,192	0,52	10,880	14°6	—
3-11 mars	9	10,337	1,884	2,836	0,66	9,287	17°	—
17-26 avril	12	10,140	2,215	3,128	0,71	12,327	15°4	—
Moyenne III		**10,146**	**2,005**	**2,989**	**0,67**	**11,740**		
27 av.-7 mai	10	11,000	1,987	3,143	0,63	11,929	12°8	1,832
8-17 mai	10	11,500	1,600	2,578	0,59	10,150	12°6	1,339
18-27 mai	10	11,570	1,119	2,211	0,50	9,390	19°4	1,936
28 mai-7 juin	11	11,587	1,202	1,906	0,63	6,436	17°9	2,137
8-15 juin	7	11,566	1,265	1,700	0,74	5,364	18°8	1,799
Moyenne IV		**11,444**	**1,434**	**2,337**	**0,61**	**8,654**		**1,808**
16-25 juin	9	11,200	1,622	2,000	0,81	7,667	19°5	obscurité
26 juin-5 juil.	10	11,150	1,491	1,834	0,81	8,196	18°3	—
6-15 juil.	10	10,800	1,489	2,016	0,74	7,122	19°7	—
16-23 juil.	8	10,730	2,142	2,401	0,89	8,627	19°3	—
Moyenne V		**10,970**	**1,686**	**2,062**	**0,81**	**7,903**		

moyens sont pratiquement constants. On pourrait faire exactement la même remarque au sujet du résidu sec des urines.

Bien que les urines soient récoltées tous les jours à heure fixe, le volume quotidien en est très variable ; certains jours, au moment de la récolte, le chien avait peu uriné, et le lendemain le volume était très grand. Pour une période de 10 jours le volume moyen est assez constant, nous n'avons pas donné les volumes pour ne pas surcharger les tableaux de résultats.

Cet inconvénient disparaît pour des périodes suffisamment longues. Il faut donc, en travaillant sur le chien, se mettre en garde contre cette cause d'erreur, que l'on relève trop souvent dans la littérature.

Eliminations d'azote du chien Nén. — La quantité moyenne d'azote éliminée par le chien Nén. pendant la première période de 50 jours à l'obscurité est de 2,8. La moyenne de l'élimination est restée la même pendant la deuxième période 2,9.

Pendant la période III (obscurité) l'élimination se maintient à la valeur 2,9.

Pendant la période IV, période de forte luminosité, l'élimination azotée descend jusqu'à 1,7. Par rapport à la valeur moyenne de la dernière période, ceci correspond à une diminution de *43* p. 100.

Il est intéressant de noter ici que, dans les 10 premiers jours qui suivent le début de l'exposition à la lumière, cette élimination, constamment en baisse ensuite *a augmenté*, sa valeur moyenne étant de 3,14. Pendant ces 10 jours les éliminations quotidiennes ont été :

28 et 29 avril	3,50
30 avril	3,20
1, 2 et 3 mai	2,70
4 et 5 mai	3,35
6 et 7 mai	2,22

En particulier l'élimination moyenne des trois premiers jours est de 3,35 donc particulièrement élevée, bien

que le volume urinaire soit voisin de la moyenne de la période.

Dès la mise à l'obscurité de l'animal à la période V, la valeur de l'azote éliminé est remontée a 2, puis est retombée à 1,83 ; ce chiffre est cependant plus élevé que 1,7 ; elle augmente ensuite peu à peu jusqu'à 2,4, au moment où l'expérience a été arrêtée.

Pendant ces deux dernières périodes expérimentales, les deux moyennes générales ne sont pas très représentatives du phénomène car les résultats de 10 jours sont trop variables et ce sont eux qu'il faut considérer.

Eliminations d'azote du chien Bé. — Le cas de ce chien ressemble tout à fait à celui du précédent. Constance des éliminations moyennes pendant les trois premières périodes, 2,6-2,7-2,6. Puis chute rapide pendant la période IV (exposition à la lumière) allant de 2,61 à 1,9 soit *42 p. 100 du poids initial.* La remontée est rapide dès qu'on remet le chien à l'obscurité ; cette valeur retombe ensuite, puis remonte lentement.

Eliminations de carbone.

Pour le carbone le phénomène est identique. Constance des éliminations pendant les périodes I et III (obscurité) et II (faible luminosité).

Elimination diminuant fortement et progressivement pendant la période IV (période de forte lumière).

Remontée de la valeur de l'élimination pendant les 10 premiers jours qui suivent le moment où l'on remet l'animal à l'osbcurité, puis chute brusque pendant les 10 jours suivants et remontée dans les jours suivants.

Résidu sec des urines.

Le résidu sec des urines éliminées suit en gros la même loi, un peu moins strictement que l'azote et le carbone.

Eliminations de chlore.

Nous avons aussi dosé, mais pendant les trois dernières périodes seulement les quantités de chlore éliminées par jour par les chiens.

Nous donnons ci-dessous les résultats du chien Nén.

Dates	Moyenne		Lumière
8-20 février	3,920	3,326	osbcurité
22 février-2 mars	3,140		—
3-11 mars	3,370		—
6-14 avril	2,876		—
29 avril-7 mai	3,123	2,623	lumière
8-17 mai	2,821		—
18-27 mai	2,964		—
28 mai-7 juin	1,884		—
8-15 juin	2,325		—
16-25 juin	4,002	2,989	obscurité
26 juin-5 juillet	3,063		—
6-15 juillet	2,193		—
16-23 juillet	2,698		—

Les variations des quantités de chlore éliminées sont parallèles à celles des autres constituants urinaires étudiés.

Représentation graphique du poids, des éliminations, et de la quantité de lumière reçue.

Pour mieux voir les variations du poids, de l'azote, du carbone éliminés et du résidu sec des urines, en même temps que celles de la lumière nous les avons représentées par des courbes.

La courbe (figure 11) représente les variations des poids des chiens.

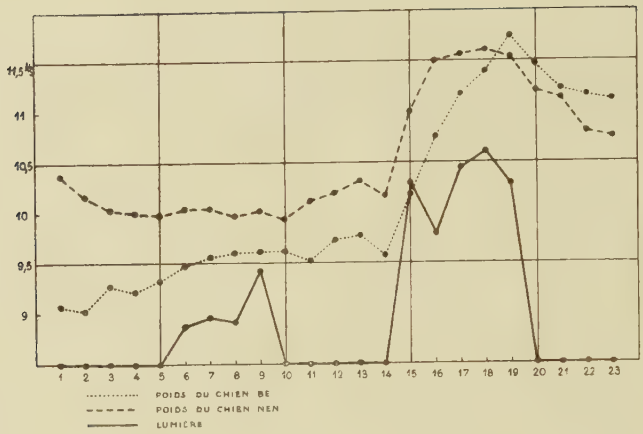


FIGURE 11.

On voit que les courbes du poids et de la quantité de lumière reçue varient dans le même sens. Une forte ascension commence à la période 15 au moment exact où on met les animaux à la lumière. Pour Nén. le maximum se produit en même temps que celui de la lumière, pour Bé. il y a un retard de 10 jours.

Quand les animaux sont remis à l'obscurité le poids baisse.

La figure 12 représente les variations de l'azoturie, la carbonurie et du résidu sec de Nén.

Au moment où on met le chien à la lumière (5) l'azoturie diminue brusquement. Un autre minimum relatif *a'* semble s'ébaucher, correspondant au maximum *a* de la lumière, mais il est trop peu net pour qu'on puisse en tirer des conclusions. Il en est de même pour le carbone éliminé. Au moment où on met les animaux à la lumière pour la deuxième fois (14) l'azoturie et la carbonurie commencent à baisser et d'autant plus que la lumière reçue est plus forte. La quantité de carbone éliminée présente un minimum *b'* qui semble correspondre au maximum *b* de la lumière reçue, mais avec un retard de 20 jours. Au minimum *c* de la lumière semble correspon-

dre le maximum *c'* et au maximum *d* de lumière, le minimum *d'* des éliminations, toujours avec un retard du même ordre de grandeur. Puis les courbes remontent quand l'influence de la lumière est supprimée.

Pour l'extrait sec des urines, les variations sont plus fortes entre les moyennes de 10 en 10 jours, mais le sens du phénomène est le même.

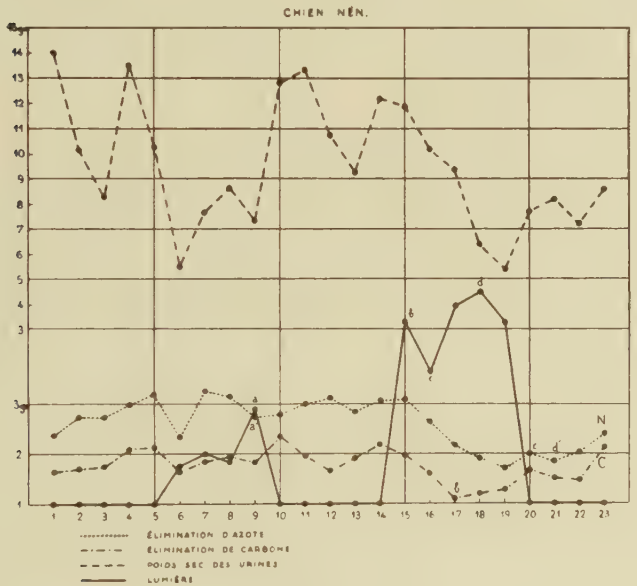


FIGURE 12.

Au moment (5-10) où les animaux sont mis à l'obscurité, le résidu sec moyen est plus faible, il subit une remontée brusque au moment où l'animal est remis à l'obscurité. Puis apparaît une nouvelle chute de sa valeur quand l'animal est remis à la lumière, enfin une dernière remontée quand l'influence de la lumière est supprimée.

Chien Bé. — (Figure 13).

Les courbes des éliminations de chien ressemblent aux précédentes, mais certains détails en sont mieux marqués encore. Pour l'azote le minimum *b'* semble correspondre au maximum *b* de la lumière, le maximum *c'* au minimum *c*, le minimum *d'* au maximum *d*.

On note encore ici un décalage de 20-30 jours entre les accidents de la courbe de la lumière et ceux qui semblent y correspondre sur celle des éliminations.

La carbonurie et l'azoturie varient tout à fait parallèlement.

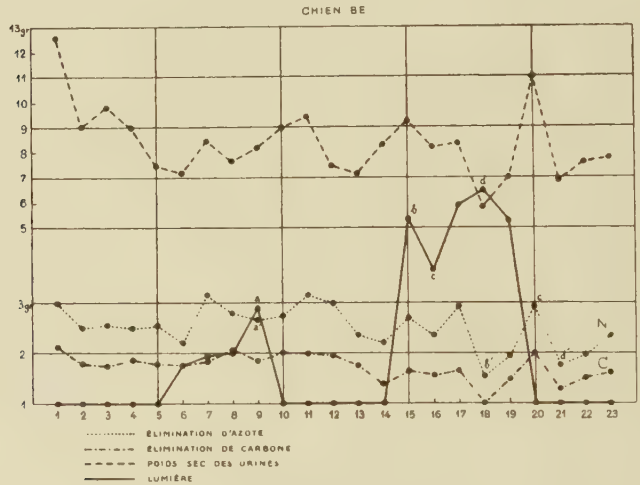


FIGURE 13.

En résumé, nous pouvons dire que sous l'action de la lumière naturelle, le poids des animaux étudiés (chiens), varie parallèlement à la durée d'insolation ou à la quantité de lumière reçue. La variation du poids est contemporaine de celle de la lumière, elle est rapide, plus encore pour l'augmentation que pour la diminution.

Au contraire, l'azoturie, la carbonurie, les éliminations de chlore et le résidu sec des urines, varient en sens

inverse. Il y a un décalage dans le temps entre ces variations et celles de la lumière reçue.

Cette action de la lumière semble ne se produire qu'à partir d'un certain seuil ; l'exposition des animaux à une faible lumière, pendant la période II n'a donné aucun résultat.

Discussion.

Action possible de la température.

Il est un facteur dont nous avons pas pu malheureusement être maître, c'est la température.

On pourrait se demander si ce ne sont pas des variations de température qui sont cause des phénomènes observés.

Nous pouvons trouver au cours de ces expériences deux périodes différentes, pendant lesquelles la température a été pratiquement la même, mais pendant l'une d'elles les animaux étaient à l'obscurité, et pendant l'autre à la lumière.

Périodes	Tempér. moyenne	Chien B	Chien Nen.	Lumière
16-25 novembre ...	17°9	2,5	2,70	obscurité
28 mai-7 juin	17°9	1,5	1,90	1,93
8-17 mai.....	12°6	2,37	2,67	1,3
23 janv.-1er fév....	13°0	2,65	2,85	obscurité
21 fév.-2 mars. ..	14°6	3,0	3,19	obscurité
13-22 janvier.....	14°6	2,78	3,17	0,43
6-15 décembre ...	17°6	2,58	3,17	obscurité
16-23 décembre ...	17°5	2,22	2,38	0,34

Les nombres de ce tableau montrent qu'à température moyenne égale pour une période de 10 jours, les élimi-

nations d'azote sont plus fortes à l'obscurité qu'à la lumière.

Dans de nouvelles expériences en cours nous maintenons les animaux à température constante.

Influence de la longueur d'onde.

Des expériences en cours sur la lumière artificielle nous permettront de décider si cet effet est dû à la totalité du rayonnement reçu ou seulement à certaines longueurs d'onde définies. Il faut remarquer que nos animaux se trouvaient dans des cages, fermées du côté de la lumière par une paroi de verre.

Quel est le rôle de l'azote retenu ?

Qu'est devenue la quantité assez importante d'azote qui a été retenue pendant la période IV ?

En palpant les masses musculaires des animaux, nous avons pu constater qu'elles étaient notablement plus développées, plus fermes à la fin de la période de lumière qu'à l'obscurité. Ceci nous ramène aux constatations cliniques faites au cours de l'héliothérapie depuis bien longtemps, même déjà du temps d'Oribasios et Antyllos, à savoir le fort développement musculaire, sans mouvement, sans massage, constaté chez les malades qui y sont soumis, alors que la graisse a plutôt tendance à diminuer.

Il est possible qu'une grande partie de cet azote soit utilisé pour produire ce développement musculaire.

Les expériences que nous avons faites jusqu'ici ne permettent pas de résoudre la question. Nous espérons que d'autres nous en donneront la possibilité.

Quel est le mécanisme de cette action de la lumière ?

Ici encore nous nous garderons bien de prendre position avant que de nouvelles expériences ne nous y autorisent.

Rollier admet que la lumière agit directement sur la circulation qui est activée (mais dans l'héliothérapie, il y a en plus le facteur chaleur qui peut jouer un rôle) et en provoquant la contraction des fibrilles musculaires. Cette action de la lumière se fait-elle d'ailleurs par la peau ; n'est-elle pas due à la participation d'autres organes ?

Il serait tentant d'expliquer l'action de la lumière sur le métabolisme par une modification des sécrétions internes. Les yeux et la vue pourraient jouer un rôle de premier plan dans ce cas. J. Benoît a montré en effet que la lumière pouvait intervenir en modifiant une sécrétion interne, celle des glandes sexuelles.

Malheureusement, quand on parcourt la littérature sur la question qui nous intéresse on est frappé par les résultats contradictoires que rapportent les auteurs.

Braier trouve que chez des chiens constamment soumis à un régime carné, les hypophysoprives et les témoins éliminent par jour la même quantité d'azote. Pendant le jeûne, les hypophysoprives en éliminent un tiers en moins que les normaux. Chez des animaux au jeûne, après un seul repas de viande, les hypophysoprives éliminent moins d'azote que les témoins pendant les 6-8 heures qui suivent ; par contre, leur élimination se maintient plus haute pendant les 16-18 heures suivantes ; c'est-à-dire que l'élimination d'azote est plus lente chez les hypophysoprives après un repas, quoique, en 24 heures, la quantité totale éliminée soit égale à celle des témoins.

Gaebler et Price injectent des extraits d'antéhypophyse à des chiens mis à un régime alimentaire constant, dont ils ont dosé la teneur en azote. L'extrait injecté avait, disent-ils, un pouvoir gonado-stimulant et thyréostimulant.

Dans ces conditions, ils ont observé, après un seule injection d'extrait hypophysaire, une augmentation rapide du poids de 400 à 1020 grammes, qui était reperdue 6 jours après l'injection.

Après l'injection se manifeste une diminution de l'azote éliminé ainsi que du soufre et du phosphore, analogue, selon les auteurs, à celles qui se produisent quand se font des synthèses de protéines.

Voici un exemple donné par ces auteurs :

Périodes	N alimentaire	N des urines	N des fèces	Bilan
1	52,86	47,31	3,23	+ 2,12
2 (x)	52,86	40,66	5,26	+ 6,94
3	54,84	58,41	3,49	— 7,01
4	54,84	55,20	3,25	— 3,61

Chacun des nombres de ce tableau est la moyenne de 6 jours ; à la fin de chaque période les animaux étaient sondés et leur vessie lavée. L'injection était faite, en plusieurs parties pendant le premier jour de la deuxième période.

Gaebler a trouvé, chez le chien à un régime riche en protéines, une diminution de l'azoturie allant jusqu'à 50 p. 100 alors que l'azote fécal est inchangé.

Schaffer et Lee, en faisant pendant 11 semaines des bilans d'azote chez des rats traités à l'extrait hypophysaire, ont constaté une azoturie plus faible, pour une durée d'une semaine, que chez les témoins ; la rétention d'azote était parallèle au gain de poids. Celui-ci n'est pas dû à un dépôt de graisse ou d'eau car la composition totale du rat est restée la même.

L'ablation de l'hypophyse amène une perte de poids en même temps qu'une perte d'azote provenant des protéines. Dans certaines séries d'animaux la teneur en eau des rats opérés avait augmenté de moins de 1 p. 100 par rapport à celle des témoins.

D'autres auteurs n'ont trouvé aucune influence sur l'azoturie, en injectant de l'extrait hypophysaire.

C'est une question très difficile à étudier. Les auteurs oublient souvent de préciser suffisamment leurs conditions expérimentales, telle, par exemple l'alimentation. Aucun d'eux n'a tenu compte du facteur lumière.

L'activité d'un extrait hypophysaire varie beaucoup selon sa provenance, mais encore suivant l'échantillon ; même en sortant de la même maison un extrait donnera des résultats positifs à un auteur et rien à un autre.

Chez les animaux hypophysectomisés il faut s'assurer, d'une part, que toute la glande a bien été enlevée, mais aussi que rien d'autre n'a été lésé, en faisant des coupes en série de la région.

D'autre part d'après nos résultats la lumière produirait le même effet que les injections d'hypophyse, d'après Gaebler et Price.

Max Aron ayant étudié histologiquement le fonctionnement, chez l'homme, des glandes thyroïdes et sexuelles a trouvé qu'il était parallèle, une forte action gonado-stimulante accompagnant une forte action thyréo-stimulante. J. Benoit ayant montré l'action gonado-stimulante de la luimère il faudrait donc admettre une dissociation dans l'action de celle-ci sur les gonades et la thyroïde ; une excitation de la thyroïde amènerait contrairement au fait observé, une plus forte azoturie.

Dans l'état actuel de nos connaissances nous ne pouvons formuler une interprétation solidement étayée des faits que nous avons observés. Ils nous semblent suffisamment intéressants pour que nous en poursuivions l'étude dans des conditions qui, nous le pensons, nous permettront de dégager clairement le mécanisme par lequel la lumière intervient dans le métabolisme azoté des animaux.

CONCLUSIONS.

Les expériences que nous avons faites sur le chien nous permettent de conclure :

1° La *lumière naturelle* a une influence sur le métabolisme de l'azote.

2° Des Chiens, vivant à l'obscurité, ayant un régime alimentaire invariable, maintiennent leur poids constant. L'azoturie, la carbonurie, les éliminations urinaires de chlore, le résidu sec des urines sont constants, quand on fait la moyenne des éliminations de 10 jours.

3° Si on met les animaux à la *lumière naturelle* on voit leur poids augmenter. Les variations du poids sont parallèles à la quantité totale de lumière reçue, soit qu'on l'estime par un luxmètre, soit qu'on se contente de noter les heures totales d'insolation.

4° Chez ces mêmes animaux, à la lumière naturelle, l'azoturie, la carbonurie, les éliminations urinaires de chlore, le résidu sec des urines, diminuent au fur et à mesure que la quantité de lumière reçue augmente.

5° L'action de la lumière ne se fait sentir qu'à partir d'un certain seuil. Le poids et les éliminations urinaires des Chiens, soumis à l'action de la lumière naturelle, en hiver, restent, en moyenne, constants.

6° Le sort des substances retenues, non plus que le mécanisme d'action ne sont connus, mais nous nous réservons de poursuivre l'étude de cette question.

Vu : *Le Doyen*,
A. FORSTER.

Le Président de Thèse,
G. SCHAEFFER.

Vu et permis d'imprimer :
Strasbourg, le 1er Décembre 1938.
Le Recteur de l'Académie,
Président du Conseil de l'Université,
TERRACHER.

BIBLIOGRAPHIE.

J. Aimard et H. Dausset. — L'ultra-violet. La lumière solaire et artificielle. L'infra-rouge. *L'expansion scientifique française*. Paris, 1933.

A. Aimes. — Les bains de soleil dans les affections non tuberculeuses. VII[e] Congrès Assoc. Intern. Thalass. San Sebastien, 1935, 397.

A. Aimes et J. Cayla. — Etude de l'action de l'héliothérapie sur l'état phosphatémique. *Ac. de Médecine*. Séance du 30 juillet 1935.

A. Aimes et J. Cayla. — Influence de la cure héliomarine sur le métabolisme. L'enfant à la mer et à la montagne. *Revue de Cosmobiologie*, livre X, 3[e] année, 1937-38, 91.

M. Aron. — Particularités histologiques de la réaction de la thyroïde aux extraits de lobe antérieur d'hypophyse. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, **103**, 145.

M. Aron. — Indications apportées par la méthode des injections hypophysaires sur le fonctionnement de la thyroïde et ses tests morphologiques. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, **103**, 148.

M. Aron. — Méthode biologique de diagnostic des états d'hyperactivité et d'hypoactivité de la préhypophyse chez l'Homme. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, **105**, 585.

M. Aron. — Sur la spécificité du principe excito-sécréteur de la thyroïde renfermé dans les extraits de préhypophyse. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, **105**, 974.

M. Aron. — Recherches sur les indices d'activité de la préhypophyse selon l'âge et l'espèce, par la méthode du titrage physiologique de l'hormone dans le milieu intérieur, et sur leur correspondance avec les manifestations morphologiques de l'activité de la thyroïde. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, **106**, 609.

M. Aron. — Distinction entre l'hormone préhypophysaire excito-sécrétrice de la thyroïde et le principe stimulant de l'ovaire renfermé dans les extraits préhypophysaires. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, **106**, 1044.

M. Aron. — Parallélisme des taux respectifs d'excrétion de la thyréo-stimuline et de la gonado-stimuline préhypophysaires dans le milieu intérieur chez l'Homme, en des conditions normales ou pathologiques. *C. R. Soc. Biol.*, 1933, **113**, 443.

M. Aron. — Expérience d'injections d'extrait préhypophysaire au foetus de cobaye *in utero*. Action sur la thyroïde. *C. R. Soc. Biol.*, 1933, 113, 446.

M. Aron et J. Benoit. — Influence de la castration sur le taux d'hormone préhypophysaire excito-sécrétrice de la thyroïde présent dans le milieu intérieur chez le cobaye. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, 108, 784.

M. Aron et M. Klein. — Sur la présence dans l'urine humaine d'une substance douée de la même action sur la thyroïde que l'extrait hypophysaire, et sur l'interprétation de la réaction de diagnostic de la grossesse. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, 103, 702.

M. Baccine. — Etude de l'influence de la lumière colorée sur la croissance des jeunes homéothermes (lapereaux, cobayes et rats blancs). *C. R. Soc. Biol.*, 1938, 128, 767.

G. Barraud. — La puériculture hélio-marine. *Journ. Méd. Franç.*, 1927, 16, 102.

G. Barraud. — Le gain pondéral au cours des cures marines. *Bull. Soc. Thérap.*, 1929, 34, 203.

H. Barthélémy. — Concentration saline du sang, du liquide de la cavité générale et des produits génitaux de la grenouille rousse pendant le cycle annuel et l'hibernation. *Arch. de Physique biol.*, 1933-34, 11, 111.

Beclard. — *C. R. Ac. des Sc.*, 1859, 46.

J. Benoit. — Activation sexuelle obtenue chez le Canard par l'éclairement artificiel pendant la période de repos génital. *C. R. Ac. Sc.*, 1934, 199, 1671.

J. Benoit. — Stimulation du développement testiculaire par l'éclairement artificiel. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, 118, 664.

J. Benoit. — Rôle des yeux dans l'action stimulante de la lumière sur le développement testiculaire chez le Canard. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, 118, 669.

J. Benoit. — Rôle de l'hypophyse dans l'action stimulante de la lumière sur le développement testiculaire chez le Canard. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, 118, 672.

J. Benoit. — Influence de la lumière naturelle sur la croissance testiculaire chez le Canard au cours de la reprise sexuelle saisonnière. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, 120, 131.

J. Benoit. — Stimulation par la lumière artificielle du développement testiculaire chez des Canards aveuglés par section du nerf optique. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, 120, 133.

J. Benoit. — Stimulation par la lumière artificielle du développement testiculaire chez des Canards aveuglés par énucléation des globes oculaires. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, 120, 136.

J. Benoit. — Hypophysectomie et éclairement artificiel chez le Canard mâle. *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 120, 1326.

J. Benoit. — Sur le caractère quantitatif de la réponse à l'excitation par la lumière artificielle du mécanisme gonado-stimulant chez le Canard domestique. *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 123, 241.

J. Benoit. — Rôle de la thyroïde dans la gonado-stimulation par la lumière artificielle chez le Canard domestique. *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 123, 243.

J. Benoit. — Facteurs externes et internes de l'activité sexuelle. Stimulation par la lumière de l'activité sexuelle chez le Canard et la Cane domestique. *Bull. Biol. France et Belgique*, 1936, 70, 487-533.

J. Benoit. — Activation par l'éclairement artificiel des glandes génitales des deux sexes chez le Canard domestique au repos sexuel. *Bull. Soc. Sexologie*, 1936, 3, 438-455.

J. Benoit. — Etude du mécanisme de la stimulation par la lumière de l'activité testiculaire chez le Canard domestique. Rôle de l'hypophyse. *Bull. Biol. France et Belgique*, 1937, 71, 393-435.

J. Benoit. — Rôle des yeux et de la voie nerveuse oculo-hypophysaire dans la gonado-stimulation par la lumière artificielle chez le Canard domestique. *C. R. Soc. Biol.*, 1938, 129, 231.

J. Benoit. — Action de divers éclairements localisés dans la région orbitaire sur la gonadostimulation chez le Canard mâle impubère. Croissance testiculaire provoquée par l'éclairement direct de la région hypophysaire. *C. R. Soc. Biol.*, 1938, 127, 909.

J. Benoit et M. Aron. — Sur le conditionnement hormonique du développement testiculaire chez les oiseaux. Injections d'extrait préhypophysaire chez le Canard. Remarques sur divers éléments d'interprétation des expériences. Influence de l'âge. *C. R. Soc. Biol.*, 1934, 116, 215.

J. Benoit et L. Ott. — Action de lumières de différentes longueurs d'onde sur la gonadostimulation chez le Canard mâle impubère. *C. R. Soc. Biol.*, 1938, 127, 906.

E. et H. Biancani. — Lumière et rayons infra-rouges. Les actualités physiothérapiques. Gauthier-Villars, 1929.

A. Boivin. — Le microdosage du carbone par oxydation sulfochromique et le microdosage de l'azote par destruction sulfo-chromique. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1929, 11, 126.

A. Boivin et J. Roche. — Le microdosage du carbone et de l'azote dans les matières fécales. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1929, 11, 453.

B. Braier. — Echanges azotés et glycémie des chiens hypophysoprives à jeun. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, 107, 1195.

E. Braier. — Elimination azotée après un repas de viande chez les chiens hypophysoprives. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, 108, 128.

B. Braier. — Hypophyse et excrétion azotée du Crapaud. *C. R. Soc. Biol.*, 1933, 114, 80.

B. Braier et R. Morea. — Métabolisme azoté endogène des rats hypophysoprives. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, 119, 881.

Ch. Brody. — Le rôle du pigment dans la biologie de la lumière et dans l'effet thérapeutique des bains de lumière. 2e Congrès Intern. de la Lumière. Copenhague, août 1932.

Ch. Brody. — Traité d'hélio et d'actinologie. Physique, Biologie, Thérapeutique. Rayons solaires, ultra-violets, infra-rouges. I, II. Maloine, 1938.

Brown-Sequard. — *C. R. Ac. Sc.*, 25, 402.

E. Burkhard et Ch. Kayser. — De l'origine du rythme nycthéméral. *C. R. Soc. Biol.*, 1932, 109, 1281.

J. A. Campbell et Th. A. Webster. — Day and Night urine during complete rest, laboratory routine, light muscular work and oxygen administration. *Biochem. Journ.*, 1921, 15, 660.

S. Castagna. — Il contenutodi catalasi nel sangue inanimali espasti alia luce solare. *Biochimica e Terap. sperim.*, 1926, 13, 48-50.

E. Derrien et G. Fontès. — Chimie biologique médicale ; 3e édition. Baillière, 1931.

Dietrich und Kaminer. — Handbuch der Balneologie, medizinischen Klimatologie und Balneographie. Leipzig, G. Thierne, 1924.

L. Dontcheff et Ch. Kayser. — Mécanisme physiologique du rythme nycthéméral des mouvements d'énergie chez le Pigeon. *C. R. Soc. Biol.*, 1933, 112, 299.

M. Edwards. — De l'influence des agents physiques sur la vie. Paris, 1824.

R. Fontaine, R. Guillemet et P. Mandel. — Sur la répercussion des variations de la température extérieure sur la dépense azotée endogène minimum chez le chien. *C. R. Soc. Biol.*, 1938, 128, 103.

G. Fontès. — Les vitamines. *Strasbourg-médical*, 1932, 92, 161-168.

G. Fontès. — Aperçus sur l'action biologique de la lumière. *Cosmobiologie*, 1936, 2, 257-260.

G. Fontès et L. Thivolle. — Recherches expérimentales sur le microdosage des substances glucidiques réductrices du sang. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1927, 9, 353-442.

G. Fontès et L. Thivolle. — Action de l'injection de thyroxine synthétique sur la carbonurie et sur l'azoturie. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, 105, 558.

G. Fontès et L. Thivolle. — Action de la thyroïdectomie seule et accompagnée d'injections de thyroxine sur la carbonurie et sur l'azoturie, *C. R. Soc. Biol.*, 1930, 105, 559.

G. Fontès et Yovanovitch. — Elimination comparée de l'azote total, de l'urée, des acides aminés et de l'ammoniaque pendant la veille et pendant le sommeil (1re partie). Conditions physiologiques. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1923, 5, 348-362. — 2e partie : Inanition totale, 1923, 5, 363-371.

G. Fontès et Yovanovitch. — La valeur du cyanure mercurique comme antiseptique pour l'analyse des urines. *Bull. Soc. Chim. biol.*, avril 1923, 5, 372-73.

G. Fontès et Yovanovitch. — Influence du sommeil sur l'élimination des principaux composés azotés. *C. R. Soc. Biol.*, 1923, 88, 456.

G. Fontès et Yovanovitch. — Influence de la lumière sur le métabolisme azoté. *C. R. Soc. Biol.*, 1925, *93*, 269.

O. H. Gaebler et W. H. Price. — Effects of an anterior pituitary growth preparation on protein metabolism. *J. Biol. Chem.*, 1937, 121, 497-506.

E. Gellhorm et J. Régnier. — La perméabilité en physiologie et en pathologie générale. Un volume, 928 pages. Masson, Paris, 1936.

Gradinesco et C. Degan. — L'évolution de l'eau, des matières organiques et minérales du muscle et du foie de la grenouille verte (*Rana esculenta*) aux diverses époques de l'année. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1935, 17, 752-763.

Gradinesco et C. Degan. — L'évolution de l'azote musculaire et hépatique chez la grenouille verte (*Rana esculenta*) aux diverses époques de l'année. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1935, 17, 764-773.

J. Guiart. — La race méditerranéenne et le culte solaire dans l'Antiquité. *Cosmobiologie*, 1934, 1, 52-54.

A. C. Guillaume. — Les radiations lumineuses en physiologie et en thérapeutique. De l'infra-rouge à l'ultra-violet. Masson, 1927.

L. Jaubert. — L'accroissement pondéral des enfants en cure d'été sur la côte méditerranéenne. *Presse thermale et climatique*, janvier 1927, 41.

L. Jaubert et G. Rivier. — La cure hélio-marine ; sa pratique, ses indications, ses résultats. *Presse médicale*, 1912, 1, n° 51 (22 juin), 680.

B. M. Koldajew et M. M. Altschuller. — Ueber die Beeinflussung der Blut fermente durch Quartz-lampenlicht. *Zt. fur physiol. Chem.*, 1930, 186, 223-228.

V. Korenchevsky and M. H. Dennison. — The influence of the hypophysis on metabolism growth and sexual organs of male rats and rabbits. Influence of extracts of hypophysis on nitrogen metabolism. *Bioch. Journ.*, 1929, 23, 868-875.

E. Lambling. — Précis de biochimie. Masson, Paris, 1925.

H. Laurens et H. S. Magerson. — The effect of carbon arc radiation on circulation in the Dog. *Proc. Soc. exp. Biol. and Medic.*, 1927, 24, 506.

G. Leo et E. Vaucher. — Les modifications histologiques des plaies de guerre insolées. *C. R. Soc. Biol.*, 1918, 91, 138.

G. Leo et E. Vaucher. — Traitement des plaies de guerre par les rayons solaires en applications locales. *Paris Médical*, 1918, 65-72.

Leredde et Pautrier. — Influence des radiations de différentes longueurs d'onde sur le développement des batraciens. *C. R. Soc. Biol.*, 1901, 53, n° 41.

Ludwig et Aies. — *Strahlentherapie*, 1930, 39, 485-489.

A. Lumière. — Effets physiologiques des rayons solaires. Traité de Climat. et Biol. méd., I. Piéry, Masson, Paris, 1930, 655.

F. Maignon et Painvin. — Influence des saisons sur les combustions respiratoires chez le chien. *C. R.*, 1929, 188, 573-575.

A. D. Marenzi. — La phosphocréatine et le glutathion des muscles de crapauds hypophysoprives. *C. R. Soc. Biol.*, 1933, 114, 394.

W. Mestrezat et Mlle M. P. Janet. — L'azote titrable par la méthode de Kjeldahl. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1921, 3, 104.

M. Nicloux. — Microdosage du carbone. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1927, 9, 639-670.

M. Nicloux. — Perfectionnement de l'appareil de Nicloux pour le microdosage du carbone. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1928, 10, 1271-72.

M. Nogier. — La lumière et la vie. Thèse. Lyon, 1904.

H. Pénau et J. Gauduchon. — Contribution à l'étude chimique du bilan d'azote. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1933, 15, 1483-1497.

Piéry. — Traité de climatologie biologique et médicale, 1, 2, 3. Masson, Paris, 1934.

Piéry. — Les influences climatiques dans la prévention et la thérapeutique chez les adolescents (en dehors de la tuberculose). *15e Congrès Intern. Hydr. Climat. et Géologie médicales*, Belgrade, 1936, 225. Imprim. Privredni Pregled.

L. Pincussen. — Ueber Veranderung des Stoff wechsels unter Bestrahlung. Zur Beeinflussung des Mineral stoff Wechsels durch Sonnenlicht. *Biochem. Zeitschr.*, 1925, 161, 67-70.

F. Pregl. — La microanalyse organique quantitative (Traduction d'après la 2e édition allemande par G. Welter). Les Presses universitaires, Paris, 1923.

Mme Randoin et Lecoq. — Constitution d'un nouveau régime artificiel pour l'étude du rachitisme expérimental. *C. R. Soc. Biol.*, 1927, 97, 1277.

Mme Randoin et H. Simonnet. — Les Vitamines. Collection A. Colin, 1932.

O. Riddle, G. Smith and F. G. Benedict. — Seasonal and temperature factors and then determination in pigeons of percentage metabolism change per degree of temperature change. *Amer. Journ. Physiol.*, 1934, 107, 333-342.

Risler et Philibert. — Rôle de la lumière dans certains phénomènes de choc. *C. R. Soc. Biol.*, 1927, 96, 747.

Robin et Binet. — Des effets du climat marin et des bains de mer sur la nutrition. 7e Congrès Assoc. Intern. Thalass., San Sebastian, 1935, 443.

G. H. Roger et L. Binet. — Traité de physiologie normale et pathologique. Masson, Paris.

G. H. Roger, F. Widal et P. J. Teissier. — Nouveau traité de Médecine. Masson, Paris.

F. Rogozinski et Zb. Glowczynski. — L'irradiation de la croissance. *Bull. Int. Acad. Sc. Cracovie*, 1935, B 2, 123-126 (cité d'après l'*Année biologique*, 1937, fasc. I, 1re partie, 41e année, 3e série, tome 12).

A. Rollier. — Résultats éloignés de l'héliothérapie. *Paris Médical*, 30 juin 1934, 24, n° 26.

A. Rollier. — Les effets physiologiques et thérapeutiques des bains de soleil. Traité de clim. Biol. et Médic., Piéry Masson, 1934, tome 2, 981.

A. Rollier. — La cure de soleil. Baillière, 1936.

A. Rollier. — Les influences de l'héliothérapie dans la thérapeutique et la prévention chez les adolescents (tuberculose exceptée). *15e Congrès Intern. Hydrol. Climat. et Géologie médicale*, Belgrade, 1936.

J. Saidman. — Les rayons ultra-violets en thérapeutique. Doin, Paris, 1928.

N. K. Schaffer et Lee. — The effect of the anterior pituitary growth hormone on protein metabolism. *Journ. of Bioch. Chem.*, 1935, 108, 355-371.

Schnetzler. — De l'influence de la lumière sur le développement des larves de grenouille. *Arch. des Sc. physiques et naturelles*, 1874, 51.

Takahashi. — Ueber den Einflus verschiedener Strahlen qualitaten auf den glutathion gehalt des organe bestrahltei Tiere. *Bioch. Zeitschr.*, 1933, 265, 64-68.

Terroine. — Le métabolisme de l'azote. Dépenses, besoins, couvertures. Les problèmes biologiques. *Les Presses Universitaires de France*, 1933.

Terroine. — Le métabolisme de l'azote. Physiologie des substances protéiques. Aliments, digestion, absorption, enzymes digestifs. *Les Presses Universitaires de France,* 1936.

E. F. Terroine. — La répartition des représentants urinaires du métabolisme azoté et sa signification physiologique. Les règles fondamentales de l'étude du catabolisme azoté. *Bull. Soc. Chim. biol.,* 1936, 18, 665.

M. E. Varela et M. E. Sellares. — Morphologie sanguine et variations saisonnières du sang de crapaud *Bufo arenarum* (Hensel). *C. R. Soc. Biol.,* 1938, 127, 704.

Jean Verne. — Couleurs et pigments des êtres vivants. Paris, A. Colin, 1930.

H. Vignes. — Influence de la lumière sur la tension artérielle, en particulier chez les femmes enceintes. *C. R. Soc. Biol.,* 1938, 127, 768-770.

P. Woringer. — L'action des rayons ultra-violets sur la calcémie du nourrisson. *C. R. Soc. Biol.,* 1923, 88, 1160.

P. Woringer. — La carence solaire dans la première enfance. *Revue de Médecine,* 1924, 356-378.

P. Woringer. — Carence solaire et infection. *Revue franç. de Pédiatrie,* 1926, n° 2, 2, 161-224.

P. Woringer. — Carence solaire et rythme saisonnier des maladies infectieuses. *Journ. de Médecine de Lyon,* 5 déc. 1928 (n° 214), 707-715.

P. Woringer. — Comment expliquer les variations saisonnières des maladies infectieuses ? *Première conférence Intern. de la Lumière,* Lausanne et Leysin, 10-13 septembre 1928.

P. Woringer. — Le rôle de la peau dans l'infection tuberculeuse. *Revue franç. de Pédiatrie,* 1928, n° 2, 4, 170-184.

P. Woringer. — La peau, organe d'immunisation anti-tuberculeuse. *Annales de Médecine,* avril 1929, n° 4, 25, 301-316. (Cet ouvrage contien tdes indications bibliographiques).

P. Woringer. — La valeur prophylactique des rayons ultra-violets. *Rapport présenté au premier Congrès intern. d'Actinologie,* Paris, 22-24 juillet 1929.

P. Woringer. — Recherches sur les réactions immunisantes et allergiques de la peau. *The transactions of the second intern. pediatric congress.* Acta pediatrica, vol. II, 1930, 563-567.

P. Woringer. — L'action des rayons ultra-violets sur les fonctions immunisante et allergique de la peau. *5e Congrès intern. de Physiothérapie,* Liége (Belgique), 14-18 sept. 1931.

P. Woringer. — Die Wirkung des Sonnenlichtes auf die immunisatorische Funktion der Haut. *Strahlentherapie, 39 Band* (1931), 493-499.

P. Woringer. — Les influences saisonnières sur les maladies. *8e Congrès de l'Assoc. franç. de Pédiatrie,* Paris, 1934, 83-137. (Ce rapport contient des indications bibliographiques).

P. Woringer. — Les quatre principaux types de courbe saisonnière des maladies. *Revue française de pédiatrie,* 1934, n° 5, 10, 565-587.

P. Woringer et A. Adnot. — L'action des rayons ultra-violets sur la sensibilité de la peau à la tuberculine. *Revue franç. de pédiatrie,* 1927, 3, 204-209.

P. Woringer et B. Tassovatz. — L'influence du soleil sur l'apparition et l'évolution de l'éruption rougeoleuse. *Revue franç. de pédiatrie,* 3.

Yung. — De l'influence des diverses couleurs du spectre sur le développement des animaux. *Arch. de Zool. exp.,* 1878, 7.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

Introduction 15

I. Le rôle de la lumière en biologie, pathologie et thérapeutique 19

1) Rôle de la lumière dans le règne végétal..... 19

2) Rôle de la lumière dans le règne animal..... 21

3) Rôle de la lumière chez l'Homme..... 25

A) Action de la lumière sur la peau..... 25

B) Action de la lumière sur les plaies..... 29

C) Action de la lumière sur le squelette et les muscles 30

D) Action de la lumière sur les troubles de la croissance 31

E) Action de la lumière dans le traitement de la tuberculose artéo-articulaire 31

F) Actions diverses de la lumière..... 32

G) Action de la lumière sur les glandes sexuelles 34

H) Action de la lumière sur le métabolisme de l'azote 39

II. Expériences personnelles 43

Conditions générales des expériences..... 43

1) *Première série d'expériences*..... 45

2) *Deuxième série d'expériences*..... 56

A) Méthodes de dosages 57

1) Carbone total 57

2) Azote total 68

3) Enregistrement des variations de la lumière 71

4) Alimentation des animaux..... 76

a) Dosage de l'azote du lait..... 76

b) Dosage de l'azote du pain..... 76

3) *Résultats* 78

Evolution du poids des chiens..... 78

Eliminations d'azote 81

Eliminations de carbone..... 84

Résidu sec des urines..... 84

Eliminations de chlore..... 85

Représentation graphique du poids des éliminations et de la quantité de lumière reçue.... 85

4) *Discussion* 89

Conclusions 95

Bibliographie 97

Imprimerie Maurice Declume, Lons-le-Saunier.